أشكال الصحارى المصورة

دراسة لأهم الظاهرات الجيومورفولوجية
بالمناطق الجافة وشبه الجافة

دكتور محمد مجدى تراب

قسم الجغرافيا - كلية آداب دمنهور

جامعة الإسكندرية



بسم الله الرحمن الرحيم

اهداء

إلى والدىّ الكرام حباً وعرفاناً

تشكل الصحارى حوالى ثُلث المساحة اليابسة من كوكبنا الأرضى، كما تغطى الصحراء أكثر من تسعة أعشار المساحة الاجمالية لاقطار وطننا العربى .

وتتعلق آمالنا بالصحراء لتخفيف الضغط عن مناطق الاكتظاظ السكانى، وعن مواردنا المرهقة على ضفاف الانهار وسواحل البحار.

وعلى الرغم من ذلك لم تحظ صحارينا العربية بالاهتمام الواجب من معشر الجغرافيين، لفهم خصائص بيئتها الطبيعية، والتنقيب عن مواردها ، وبواطن الثروة فيها.

تعتبر عمليات المسح والتخريط الجيومورفولوجى لاشكال سطح الارض، بمثابة الخطوة الاولى فى طريق استغلال هذه المساحات الشاسعة الزاخرة بالعديد من الأشكال الأرضية المتنوعة، على اختلاف مظاهرها ومسببات نشأتها، فمنها ما يدين فى نشأته للقوى الباطنية (الداخلية)، ومنها ما تشكل عن عوامل النحت، أو الأرساب، و أيضا هناك الأشكال المتبقية عن الصراع الأزلى بين القوى الباطنية وعوامل النحت والأزالة الخارجية.

وكثيرا ما تواجه دارسى هذا العلم العديد من الصعوبات فى التعرف على الأشكال الأرضية ميدانيا، فكثيرا ما يقرأ الجغرافى عن وصف هذه الأشكال بين ثنايا الكتب والمراجع، و لكنه لا يستطيع تخيل ملامحها، سواء أثناء الدراسة الحقلية، أو التفسير الأستريوسكوبى للصور الجوية و المرئيات الفضائية.

ويعد هذا الكتاب محاولة لسد جزء من هذا الفراغ، من خلال بعض الخبرات التى اكتسبها الكاتب أثناء دراساته وتجواله فى بقاع متفرقة من صحارينا. وتم الأستعانة بعدد لا بأس به من الخرائط والأشكال والمجسمات الإيضاحية، بالاضافة الى المرئيات الفضائية، والصور الجوية، إلى جانب ما تمكنا من إلتقاطه من الصور

الأرضية فى تلك الجهات، و تعويض النقص بالاستعانة بنخبة مختارة من الكتب و المصادر العربية و الأجنبية.

و نعترف مسبقا بالوقوع فى كثير من الأخطاء، أو على الأقل الاختلاف فى وجهات النظر، عند تفسير نشأة – بل و مسميات – بعض الاشكال الأرضية، على الرغم من تعمدى كتابة معظم المرادفات المتداولة للظاهرة الواحدة، و توثيقها بمقابلها الأجنبى.

و نأمل أن يكلل هذا العمل بالنجاح، و أن يجد فيه الجيومورفولوجى المبتدىء ضالته، و يساعده فى التعرف على ظاهرات سطح الأرض بالصحارى، و إدراك تكوينها، و أن يشجع هذا النجاح فى استكمال سلسلة أشكال سطح الأرض المصورة، بسهولها الفيضية، و سواحلها، و عروضها الجليدية، و مناطقها الكارستية.

و الله ولى التوفيق،،،

محمد مجدى تراب

المحتويات

فهرس الاشكال

الرقم	العنـــوان	الصفحة
١	تشكيل صحارى الرق الحصوية بالتذرية بفعل الرياح.	٢٥
٢	بعض أنماط التلال الشاهدة.	٤٠
٣	قواعد صخرية بالصحراء الشرقية المصرية.	٤٢
٤	رسم توضيحى لعش الغراب فى جنوب أفريقيا	٤٥
٥	تشكيل تل جزيرى مزدوج القمة.	٤٥
٦	بعض اشكال التلال الجزيرية كما تظهر على الخرائط الكنتورية.	٤٦
٧	ثلاث مراحل من التطور الجيومورفولوجى لأشكال الشواهد الصحراوية.	٤٨
٨	أثر عوامل التعرية على الشواهد الصحراوية.	٤٨
٩	الشكل الجيومورفولوجى العام لكل من المائدة الصحراوية والكويستا وظهر الميمون.	٦٥
١٠	تأثير عوامل التعرية على الكويستا	٦٦
١١	أجزاء الكويستا.	٦٦
١٢	أجزاء ظهر الميمون.	٦٩
١٣	أظهر الميمون فى صخور جوراسية بولاية كلورادو الأمريكية.	٦٩
١٤	خريطة طبوغرافية وشكل مجسم يوضح مجموعة من حافات أظهر الميمون.	٧٠
١٥	بعض أنماط أظهر الميمون.	٧١
١٦	عناصر الألتواء.	٧٦
١٧	ثنية مقعرة بولاية اركنساس الأمريكية كما تبينها الخريطة الطبوغرافية ومجسم.	٧٧
١٨	موقع المرئية الفضائية بصورة رقم ٢٣.	٧٨
١٩	موقع المرئية الفضائية بصورة رقم ٢٤.	٧٨

فهرس الصور الارضية والجوية والمرئيات الفضائية

الرقم	العنوان	الصفحة
١	صورة جوية توضح تقدم الغطاءات الرملية على سهول الرق المستوية......	٢٩
٢	التجمعات الرملية الهوائية تغطى بطون الأودية المقطعة لمرتفعات تبستى كما توضحها صورة جوية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ مصورة عام ١٩٦١.........	٣١
٣	غطاءات رملية تتقدم على حساب سهول الرق المستوية بالصحراء الجزائرية.	٣٣
٤	مرئية فضائية للتجمعات الرملية تغطى حوض وادى حضرموت بالربع الخالى............	٣٣
٥	سهل حصوى بالتخوم الشمالية لمنخفض الفيوم.	٣٥
٦	سهول الرق الحصوية مكونة من شظايا البازلت.	٣٥
٧	مائدة صحراوية مكونة من الحجر الكلسى الجوارسى............	٤٩
٨	مائدة صخرية بالهامش الشمالى الغربى لمنخفض القطارة............	٤٩
٩	قارة أم الصغير............	٥١
١٠	شاهد صحراوى بولاية أريزونا الأمريكية............	٥٣
١١	شاهدان صحراويان بصحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية.	٥٣
١٢	عش غراب بصحراء الأريزونا............	٥٥
١٣	تل يشبه عش الغراب أو الكأس بمنطقة أم الصغير على الهامش الشمالى لمنخفض القطارة............	٥٥

أنماط الصحارى
(حسب طبيعة المادة المشكلة لسطح الأرض)

(١) العرق «الصحارى الرملية»

(٢) الحمادة «الصحراء التى أزيلت عنها الرمال»

(٣) الرق «الصحارى الحصوية»

(٤) السرير «الصحارى الصخرية»

انماط الصحارى

(حسب طبيعة المادة المشكلة لسطح الأرض)

(١) العرق «الصحارى الرملية» Erg

العرق اصطلاح يطلقه بدو الصحراء الكبرى على المناطق المغطاه بالتجمعات الرملية على إختلاف اشكالها، سواء كانت غرود سيفية وأذرع من الرمال تمتد فى صورة سلاسل موازية لإتجاه الرياح، أو كثبان هلالية برخانية، أو نجمية متعددة الأذرع، أو مجرد كومات من الرمال المتراكمة فى كنف الشجيرات الصحراوية، والتى يطلق عليها اسم «النباك أو النبكات». وتعتبر سهول الرق المستوية من أنسب البيئات الصحراوية لإستقبال غطاءات العرق الرملية.

وتغطى الرمال بمختلف أشكالها نسبة تتراوح بين ٢٥٪، ٣٠٪ من مساحة الأراضى الصحراوية فى العالم، ولكن تتباين هذه النسبة من قطر عربى لآخر، إذ تغطى الرمال أكثر من ربع الأراضى الجزائرية، أى ما يزيد على ١,٣ مليون كم٢ من الغطاءات الرملية، وخاصة العرق الشرقى العظيم الذى يصل إلى صحراء جنوب تونس، والعرق الغربى العظيم الذى يتجاوز قواعد مرتفعات أطلس. ولايضارع العروق

السهل الرملى **Sand Plain**

غطاء رملى عظيم الاستواء لاتظهر عليه الكثبان الرملية بمختلف أشكالها.

كـــــوم

اصطلاح يستخدم فى التركستان للدلالة على القفار الرملية وما قد يرادف العرق أو الصحارى الرملية فى وسط آسيا.

(٢) الحمادة «الصحراء التى أزيلت عنها الرمال»

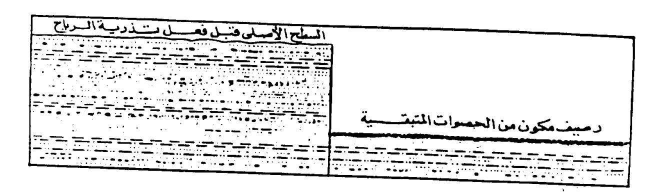
Hammada - Scabland

جمعها حماد وهى هضاب كلسية صوانية متواضعة الإرتفاع تمتد عشرات وأحيانا مئات الكيلومترات، والتى عرتها الرياح والسيول تماما من الذرات الترابية والرملية، وتمتاز بإستواء سطوحها الملساء، وتخدد حوافها الأودية الأخدودية العميقة. وتكتسى أسطح الحماد بقشرة حامية لها من المواد الكلسية الشديدة التلاحم، ويبلغ سمكها بضعة سنتيمترات، ويتباين لونها بين الأبيض المصفر والرمادى القاتم، وتكونت هذه القشرة بفعل إذابة المياه للصخور الجيرية والجبس والأملاح. وترصع أسطح الحماد أحياناً بمجموعة من الحفر والمنخفضات الدائرية التى قد يصل قطر بعضها إلى ما يزيد عن الكيلومتر الواحد، وتعرف هذه الحفر باسم «الضايات» فى شمال أفريقيا، و«الخبرات» بالسعودية وتنتج هذه المنخفضات من الإذابة الكارستية لتكوينات الجير. وتغطى أسطح الحماد الجزء الأكبر من الصحارى العربية، إذ تشيع بالصحراوين الشرقية والغربية المصرية وهضاب تاسيلى، وتتناثر على حضيض مرتفعات أطلس مثل حمادة توناسين Taunassine وحمادة دراع وحمادة غير Guir، كما تنتشر الحماد بالجزء الشمالى من شبه الجزيرة العربية الممتد شمال النفوذ وشرقه.

والحماد والرق شكلان صحراويان متكاملان مورفولوجياً، فما تفقده الحماد من رواسب تنقله السيول وتكسبه أسطح الرق بعد تبخر المياه، ولكنهما يتشابهان فى انتشار القصرات الجيرية الصلبة على أسطحهما (صلاح البحيرى، ١٩٧٩«أ»).

(٣) الرق «الصحارى الحصوية» Reg

الرق اصطلاح يطلقه بدو الصحارى الكبرى على ما أستىرق من أرض يسهل السعى فيها، وتفترش سهول الرق المنبسطة بالحصى والحصباء سواء الأصلية المشتقة من نواتج تجوية سطوحها، أو المنقولة من تخومها بالرياح أحياناً، أو مياه السيول فى الأغلب. إذ تعمل الرياح على تذرية ماتقدر على حمله من الحبيبات الدقيقة التى تفترش سهول الرق، بينما تتخلف الحصوات التى تعجز الرياح عن اكتساحها، ويزداد تركيز الحصباء كلما هبط السطح بإزالة المزيد من مكوناته الناعمة، حتى تصبح الحصوات والأحجار كفرشة متصلة تغطى السطح بأكمله(صلاح البحيرى، ١٩٧٩، «أ»).



(شكل ١) تشكيل صحارى الرق الحصوية بالتذرية بفعل الرياح

كما تسهم مياه السيول فى نقل حبيبات التربة والأحجار وإرسابها على قيعان المنخفضات والمقعرات، فتساعد على تكثيف الفرشات الحصوية على أسطح الرق. وتعمل مياه السيول على إذابة المواد الملحية والكلسية، حيث تصعد محاليلها على السطح بالخاصية الشعرية، فترسب أملاحها، وتزيد من تماسك وتلاحم طبقة الحصى، ولذا يطلق عليها تعبير الأرصفة الصحراوية **Desert Pavement** أو دروع الصحراء Desert Armor أو الرصيف الجلمودى **Boulder Pavement**

رصيف صحراوى **Desert pavement**

سطح مستو منبسط من الصخر الأصلى للصحراء ومغطى بالحصى والحصباء بعد إزالة المواد الأدق.

رصيف جلمودى **Boulder pavement**

سطح مرتفع أو هضبة تغطيها الكتل الحجرية والجلاميد فى مساحات هائلة، والأعماق قد تصل إلى المتر الكامل. وتعزى عادة إلى فعل عوامل التفكك ومنها تنبع أنهار الأحجار إذا ما تحركت أو زحفت إلى حضيض المنحدرات (يوسف تونى، ١٩٦٤. ص. ١٨٩).

القشرة الصحراوية «طلاء الصحراء» **Sesert varinsh**

عبارة عن غشاء رقيق صلب من أملاح المنجنيز والحديد تترسب على سطوح الرق بالخاصية الشعرية، وتقى ما تحتها من رواسب الرمال والأتربة المختلطة بالحصى، ويميل لونها للاسود أو البنى القائم، وكثيرا ماتصقلها حبيبات الرمال حين تلفحها أثناء حركتها، ليبدو السطح كله لامعاً كشظايا الزجاج تحت أشعة الشمس.

القشرة الصلبة **Hardpan - Hardcrust**

طبقة سطحية متصلبة صماء تحتوى على نسب عالية من الطين والصلصال مختلطة بالحصى والحصباء، ويتفاوت سمكها من مكان لآخر، وقد يطلق عليها تعبير القشرة الجيرية المتصلبة **Duricrust** إذا ما تشكلت الطبقة اللاحمة للتربة بفعل كربونات الكالسيوم.

مفرش حصوى (ناب) **Nappe**

اصطلاح فرنسى يطلق على الاسطح المفترشة بالحصى والحصباء على اختلاف العامل المشكل، ويقتصر هذا المصطلح باللغة الانجليزية على الغطاءات الحصوية البنيوية الناتجة عن الالتواءات والانكسارات.

دهنـة **Dahanah**

مصطلح يطلق فى شبه جزيرة العرب على السهول الحصوية التى تكتنفها أشرطة الرمال السيفية من أبرزها الدهناء.

(٤) السرير «الصحارى الصخرية» Serir

تعنى كلمة سرير فى العربية بشرق الصحراء الكبرى جميع الأراضى السهلية الصخرية، ومرادفها فى لغة البربر «أسرير» وجمعها «أسريرن».

وتمتد السهول الصحراوية المستوية فى الأجزاء المحصورة، بين شواطىء السبخات «السباخ» الملحية من جهة والمراوح الفيضية والباجادا Bajada تحت أقدام المرتفعات من جهة أخرى.

وقد ترجع نشأة هذه السهول إلى فعل التراجع الخلفى للحافات الجبلية الصحراوية Scarp recession المتاخمة لها، بفعل كل من التعرية المائية والهوائية مشكلة هذه السهول، والتى يطلق عليها تعبير Pediplains. وتنتشر سهول السريرفى حمراء الساى Sai بحوض تاريم، وبإقليم المغارة شمال شبه جزيرة سيناء.



(صورة ١) صورة جوية توضح تقدم الغطاءات الرملية على سهول الرق المستوية التى لا يظهر منها سوى بعض التلال المتبقية Residual Hills بمرتفعات تبستى على الحدود الليبية التشادية.

(تصوير عام ١٩٦١ بمقياس رسم: ١ : ٥٠٠٠٠، مهداه من Prof. D. chorley, R.)

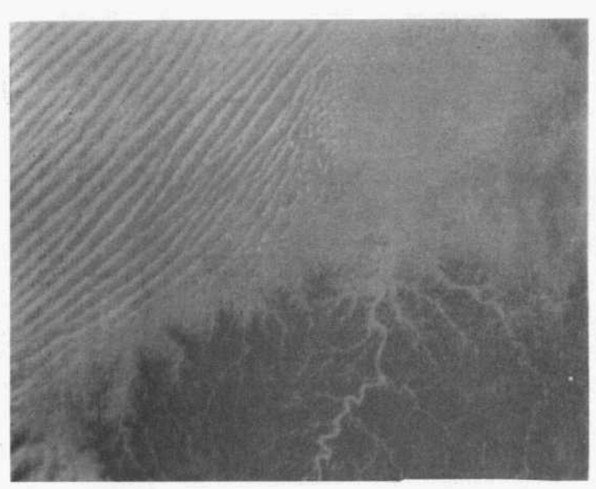


(صورة ٢) التجمعات الرملية الهوائية تغطى بطون الاودية المقطعة لمرتفعات تبستى، كما توضحها صورة جوية بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠، تصوير عام ١٩٦١، لاحظ العلاقة بين شكل شبكة التصريف المائى للاودية وإتجاهات الأشكال الخطية مثل الإنكسارات والشقوق والفواصل (مهداه من Prof. D. chorley, R.)





(صورة ٣) غطاءات رملية تتقدم على حساب سهول الرق المستوية بالصحراء الليبية، لاحظ تقوس الكثبان البرخانية التى يمكن عن طريقها دراسة إتجاه الريح السائد بالمنطقة (راجع أشكال الإرساب بالرياح).



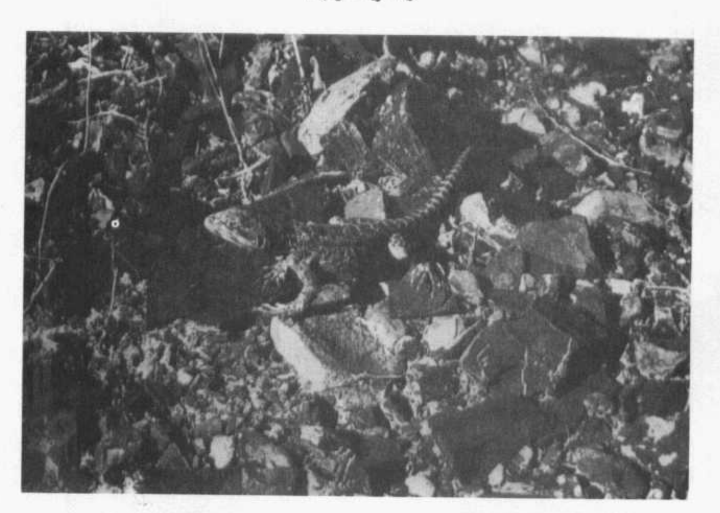
(صورة ٤) مرئية فضائية للتجمعات الرملية تغطى حوض وادى حضرموت بالربع الخالى، لاحظ إمتداد الكثبان الرملية بالجزء الأبعد من الصورة، ونطاق الكثبان النجمية بالجزء العلوى منها.

(After Shelton, J.S., 1966)





(صورة ٥) سهل حصوى بالتخوم الشمالية لمنخفض الفيوم، يبدو فى أولى مراحل تشكيله حيث لازالت نسبة الحصى والشظايا الحجرية صغيرة الحجم فى محيط الرمال والأتربة حولها.



(صورة ٦) سهول الرق الحصوية مكونة من شظايا البازلت.

الاشكال التكتونيه (الباطنيه)

أولاً : أشكال الطبقات الصخرية الأفقية.

ثانياً : اشكال الطبقات الصخرية المائلة.

ثالثاً : الأشكال الالتوائية.

رابعاً : الأشكال الإنكسارية (الصدعية).

خامساً : الأشكال البركانية.

الاشكال التكتونية (الباطنيـة)

هناك مجموعة من العوامـل مصدرهـا جـوف الأرض تعمـل فى دأب على زيـادة تضرس القشرة الأرض بأن ترفع بعض الأجزاء وتغور بالبعض الآخر، وتعرف بالعوامل الداخلية أو الباطنيـة Endogenetic Agents. وهى بذلك تتوازن مع الآثـار المترتبـة على نشاط مجموعـة العوامـل الخارجيـة مـن تجويـة ومياه جاريـة وجوفيـه وريـاح. وغيرها من العوامل المسئولة عن نحت الجهات البارزة من الصحارى، ونقل مفتتاتها لتملأ المواضع المنخفضة والنتوءات والفجوات لتجعل سطح الأرض أكثـر استـواءاً.

وتنقسم العوامل الباطنية إلى مجموعتين هما العوامل التدريجية البطيئة التى يستمر تأثيرها لفترات زمنية طويلة قد تصل لمئات الملايين مـن السنين مثـل حركـات الطى والثنى (الإلتواءات المحدبة والإلتواءات المقعرة) والإنكسارات (الصدوع)، والعوامل الفجائية السريعة مثل الإنبثاقات البركانية والهزات الزلزاليـة والنافـورات الحـارة.

ويتناول هذا الفصل الأشكال الأرضية التى تنشأ بتأثير العوامل الباطنيـة، وتشتمـل على خمس مجموعـات هى:

١ – أشكال الطبقات الصخرية الأفقيـة.   ٢ – أشكال الطبقات الصخرية المائلـة.

٣ – الأشكال الإلتوائية.   ٤ – الأشكال الإنكسارية (الصدعية).

د - الأشكال البركانية.

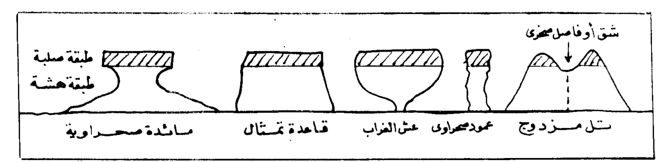
اولا : اشكال الطبقات الصخرية الافقية

تعد الطبقات الصخرية الأفقية أحد نظم البنية الجيولوجية Structure وتتسم بعدة خصائص هي:

١ - يبلغ ميل طبقاتها Dip القيمة صفر.
٢ - يتساوى سمكها الحقيقى True thickness مع سمكها الرأسى Vertical Thickness.
٣ - تظهر مكاشفها الصخرية سواء العلوية أو السفلية موازية لخطوط الكنتور.
٤ - ترسم على الخرائط الجيولوجية والجيولوجية الرمز +

وفيما يلى أهم الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالطبقات الصخرية الأفقية، وهى التى نطلق عليها اسم أشكال (ظاهرات) الشواهد الصحراوية Zeugen، وهو مصطلح ألمانى يطلق على مجموعة التلال التى تشير إلى مستوى سطح الأرض القديم قبل بداية تأثير عوامل التعرية، وتضم هذه المجموعة من الأشكال: الموائد الصحراوية والقور والتلال المزدوجة «النهود» والأعمدة الصحراوية والتلال المنفردة «الأعلام» أو التلال المتخلفة وغيرها.. إلا أنها تشترك جميعا فى عدة خصائص هى:

١ - استواء سطوحها وتساوى مناسيبها.
٢ - تغطيها قلنسوة أو قشرة صلبة تعمل على حمايتها من عوامل النحت والإزالة.
٣ - ترتبط بالطبقات الصخرية الأفقية.
٤ - ينتهى مصير هذه التلال بالإزالة والاكتساح وتشكيل السهل التحاتى.



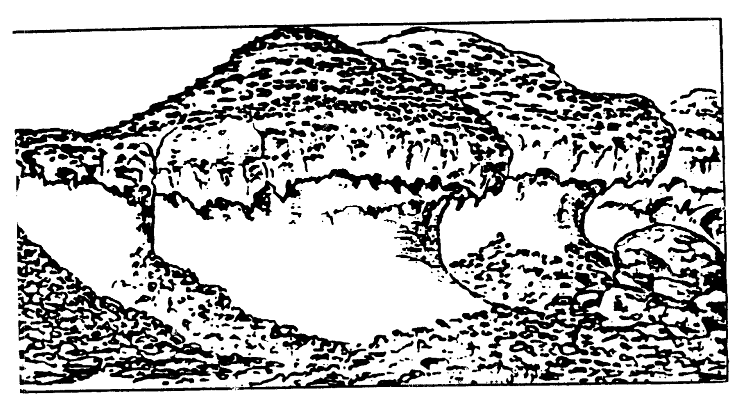
(شكل ٢) بعض انماط التلال الشاهدة

(١) الموائد الصحراوية Meza - Mesa

المائدة الصحراوية أو «الميزا» مصطلح اشتق من هضبة الميزيتا الأسبانية، ثم انتشر بالجنوب الغربى للولايات المتحدة الأمريكية، وهو يطلق على بعض الهضيبات أو التلال ذات الطباقية الأفقية المتوجه بتكوينات أكثر صلابة تتألف عادة من السليكات أو اللاتريت أو القشرة الجيرية المتصلبة بالخاصية الشعرية، ويعمل هذا الغطاء الصلب على حماية جسم التل من الإزالة بعوامل التعرية. وكان يعتقد قديماً أن هذه الظاهرة وغيرها من أشكال الشواهد الصحراوية تنشأ نتيجة برى حضيض الصخور بالرياح، لكن يرجح الآن تأثير التجوية الكيميائية عند إلتقاء قواعد هذه التلال بسطح الأرض المشبع بالمياه. وتتميز أسطح هذه الموائد بالاستواء التام، بينما يشتد انحدار حوافها بسبب تأثرها بالتقويض الجانبى بفعل المياه. ويطلق بدو الصحراء عى الهضيبات الشاهدة تعبير «قور» ومفردها «قارة» مثل قارة «أم الصغير» على الهامش الشمالى لمنخفض القطارة، والتى استغلها السكان المحليون فى بناء قرية كاملة على سطحها طلباً للأمن والحماية.

(٢) القواعد الصخرية «قواعد التماثيل» Pedestal

عبارة عن هضيبات صغيرة تنشأ عن نشاط عمليات النحت فى الكتل الصخرية ذات الطباقية الأفقية، وهى تشبه الموائد الصحراوية ولكنها تتميز عنها بعدم وجود تقويض جانبى عن أسافلها، ولذا تبدو حوافها شديدة الانحدار ومصقولة بفعل الاكتساح بالرياح.



(شكل ٣) قواعد صخرية بالصحراء الشرقية المصرية، إرتفاعها يبلغ حوالى ٣٠ قدم ذات قشرة سطحية حديدية..(AFTER WALTHER,1924)

(٣) التلال الشاهدة «القور» Buttes

يعد الجيولوجى الأمريكى Fremont اول من اقترح هذا المصطلح عام ١٨٤٥، ثم تناولته فيما بعد كتابات Gilbert and Gulliver 1895 وهو يطلق على الموائد الصحراوية حينما تتعرض سطوحها المعلقة للإنهيار نتيجة توالى عمليات التقويض السفلى بالمياه والاكتساح بالرياح، لدرجة لاتقوى عندها القشرة الصخرية على ضغط توازنها فتنهار، ولكن تراكم المفتتات عند أقدام هذه التلال يعمل على حمايتها من عوامل النحت والإزالة لبعض الوقت، حتى تتمكن هذه العوامل من سحقها ونقلها من جديد.

(٤) عش الغراب Mashroom

أحد الأشكال الصخرية الصحراوية ذات الطباقية الأفقية، وهو يشبه نبات عش

الغراب، ويمثل صخرة تشبه المائدة القائمة على عمود واحد محدود القطر بالنسبة للسطح العلوى المستوى عظيم الاتساع.

(٥) الأعمدة الصحراوية[1] Desert Pillars and pyramids

أعمدة صخرية تنتهى إلى أعلى بكتلة جلمودية نتيجة وجود بقايا طبقة أفقية تعرضت للنحت، وقد يعزى حدوث بعضها إلى البريشيا البركانية أو الطفل الجلمودى أو الطفل الجليدى. وكثيراً ما تتعرض الشواهد الصحراوية buttes لعمليات التقويض الجانبى بالتجوية الكيميائية واكتساح المفتتات بالرياح، فتنهار سفوحها وتتحول إلى أعمدة قائمة الشكل، تتوجها قلنسوات رقيقة السمك ولكنها أكثر صلابة من الأعناق الهشة التى تحملها، وسرعان ما تتآكل هى الأخرى، وتنهار الأعمدة وتزال مكوناتها بالاكتساح كمرحلة أخيرة من مراحل تشكيل السهل التحاتى. وتنتشر الأعمدة الصحراوية فى أجزاء متعددة من سطح الأرض، فتتمثل فى إقليم الأراضى الوعرة Badlands بولاية داكوتا الجنوبية.

وهناك اصطلاح فرنسى آخر يطلق علىهذه الأعمدة هو أعمدة الدموازيل Domoiselle وبالغرب الأمريكى تعبيرHoodoos ، كما تتخذ هذه الأعمدة الشكل الهرمى Pyramids بولاية اوتاه الأمريكية.

(٦) التلال الجزيرية المنفردة Inselbergs

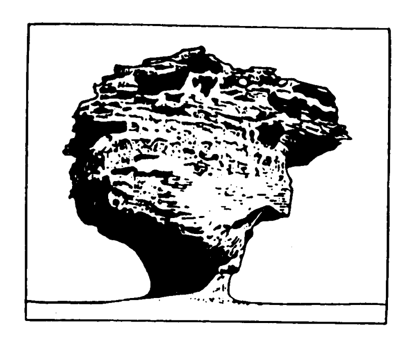
تلال تبرز كالجزر وسط السهول الصحراوية، وهى تقابل اصطلاح Monadnock بالأقاليم الرطبة، وتعبير Mogate بالمناطق الكارستيه، وإذا وصلت هذه التلال إلى مرحلة متقدمة من مراحل دورتها التحاتيه يطلق عليها فى هذه الحالة تعبير Hum. أما فى مرتفعات الأبلاش فيطلق على هذه التلال المنفردة اسم «أوناكا»، بينما يطلق عليها فى جنوب أفريقيا تلال التافلكوب.

---

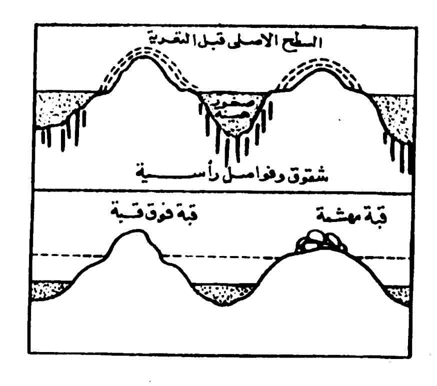
(١) راجع الأعمدة الترابية بأشكال النحت بفعل الرياح بالفصل الثالث

وتنشأ هذه التلال كظاهرات متبقية Reseidual Features عن نشاط التعرية خلال أعصر رطبة وجافة متعاقبة خلال فترات زمنية سابقة، حيث كانت تسود التجوية الكيميائية خلال الفترات الرطبة وتنشط خلالها عوامل النحت بالمياه، ماتلبث أن تكتسحها الرياح إبان مراحل الجفاف اللاحقة بها.

وتتخذ التلال المنفردة عدة أشكال فقد تبدو مخروطية الشكل مدببة القمة، أو مستوية السطح، وكثيراً ما تتخذ سطوحها المظهر القبابى المقوس، وهى عموماً تتشكل نتيجة التقطيع المستمر للكتل الهضبية. ومن أشهر التلال الجزيرية فى العالم تلك المنتشرة بالأقليم الشمالى من استراليا، حيث ترتفع ثلاثة تلال من الكوارتزيت بأكثر من ألف قدم عن السهول المحيطة بها.



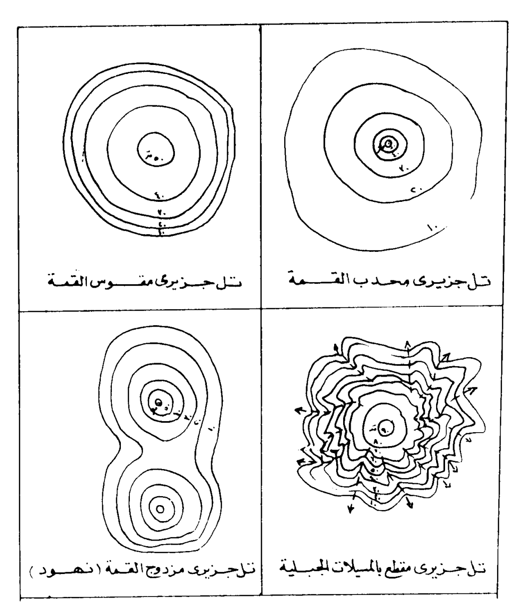
(شكل ٤) رسم توضيحي لعش غراب في جنوب إفريقيا.



(شكل ٥) تشكيل تل جزيرى مزدوج القمة من نوع (قبة فوق قبة)
(Dome on Dome inselberg)

(٧) التلال المزدوجة القمة (النهود الصحراوية) Desert Breasts

عبارة عن تلال مزدوجة القمة تنشأ نتيجة وجود عامل ضعف جيولوجى يسهم فى زيادة معدلات النحت عبر نطاق الضعف، فيعمل على تقسيم الكتلة الصخرية إلى قسمين، يمثل كل قسم منهما إحدى القمم. وقد يكون عامل الضعف الجيولوجى أحد النظم المفصلية (شق أو فاصل صخرى)، مما يسمح بتوغل المؤثرات الجوية من تفاوت حرارى ومياه داخل الصخر، فيزيد من توسيعه وإنفصاله، وقد يكون عامل الضعف عبارة عن نطاق من الصخور اللينة، فيسهل إزالتها بعوامل التعرية.

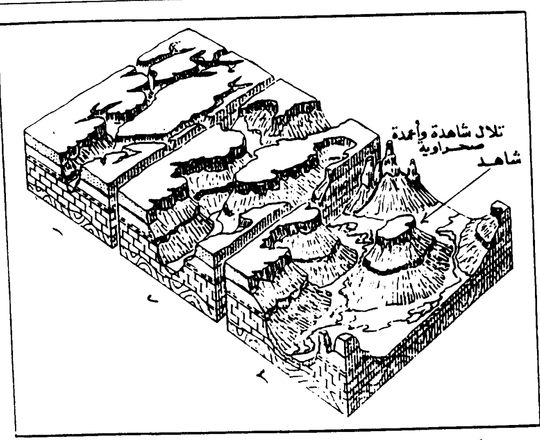


(شكل ٦) بعض التلال الجزيرية كما تظهر على الخرائط الكنتورية.

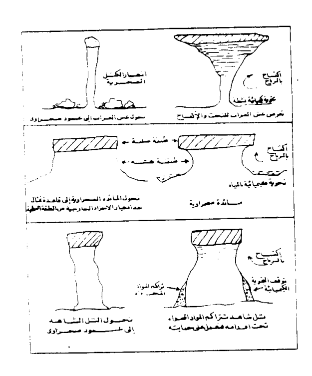
(٨) التطور الجيومورفولوجى لأشكال الشواهد الصحراوية Desert Witnesses-Zeugen

تتميز أشكال الشواهد الصحراوية بالتطور من مظهر لآخر، تبعاً لتأثير عوامل التعرية عليها، ويتباين معدل تطورها من شكل لآخر، بسبب اختلاف درجة الصلابة الصخرية لمكوناتها ومدى تأثرها بأنظمة الفواصل، وكذلك مدى توافر المياه والرطوبة الجوية، واقتراب مستوى الماء الباطنى، إلى جانب شدة الرياح بالإقليم وظروفه المناخية الأخرى.

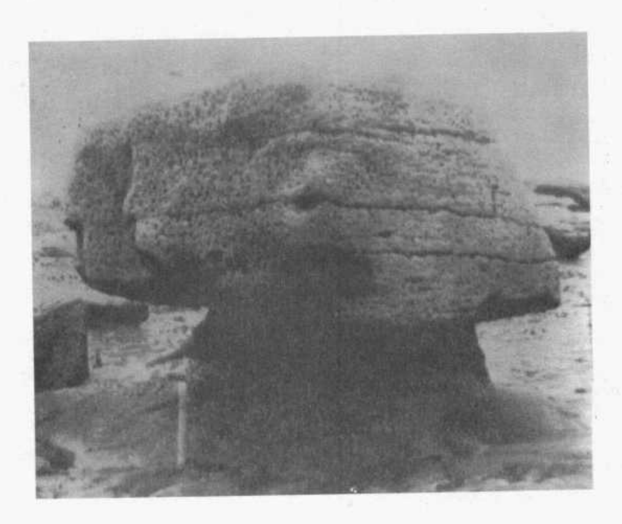
فقد تنهار الأجزاء العلوية للموائد الصحراوية وأعشاش الغراب، فتبدو كتلال شاهدة، وسرعان ما تتحول إلى أعمدة بارزة وسط السهول الصحراوية، مصيرها هى الأخرى النحت والإكتساح.



(شكل ٧) ثلاث مراحل من التطور الجيومورفولوجى لأشكال الشواهد الصحراوية.



(شكل ٨) أثر عوامل التعرية على الشواهد الصحراوية.



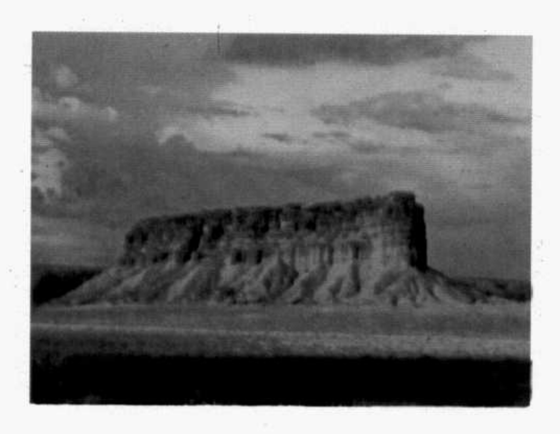
(صورة ٧) مائدة صحراوية مكونة من الحجر الرملى الكلسى الجوراسى، لاحظ التقويض الجانبى عند أسفل المائدة Institute of geological sciences



(صورة ٨) قاعدة صخرية بالهامش الشمالى الغربى لمنخفض القطارة، لاحظ استواء سطحها المغطى بطبقة رقيقه من طلاء الصحراء، والإنحدار الشديد لسفوحها (مجدى تراب، ١٩٩٣)

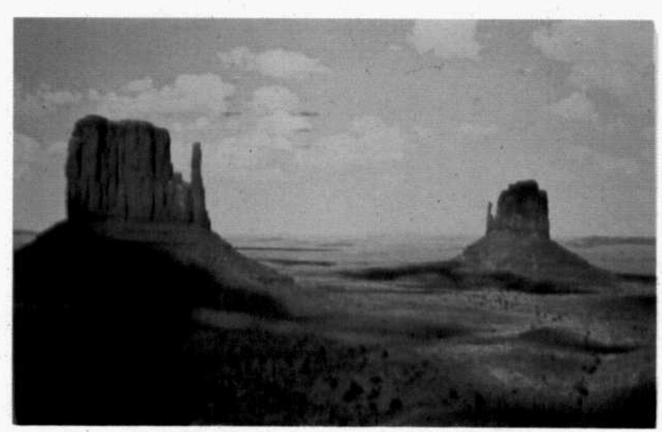


(صورة ٩) قارة أم الصغير بالهامش الشمالى لمنخفض القطارة، تظهر على سطحها بقايا منازل السكان المصنوعة من الطفلة الصحراوية، وتبدو آثار التقويض الجانبى بعض المواد الزاحفة على سفوحها (مجدى تراب، ١٩٩٣)



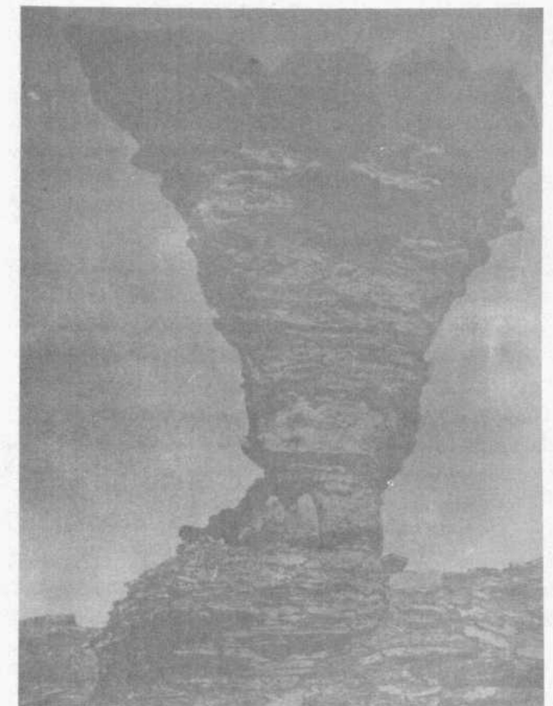
(صورة ١٠) شاهد صحراوى بولاية أريزونا الأمريكية

(Institute of Geological Sciences)

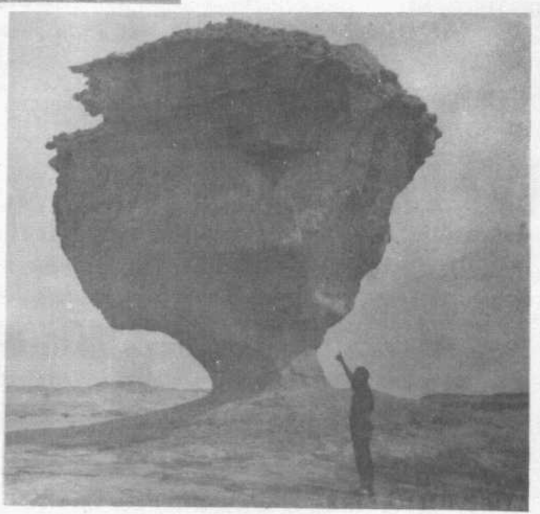


(صورة ١١) شاهدان صحراويان بصحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية يبلغ ارتفاعهما ٣٤٠ . ٢٨٠ متر، لاحظ تراكم المواد المجواه عند أسافل الشاهد مما يعمل على حمايته من التقويض الجانبى بالمياه

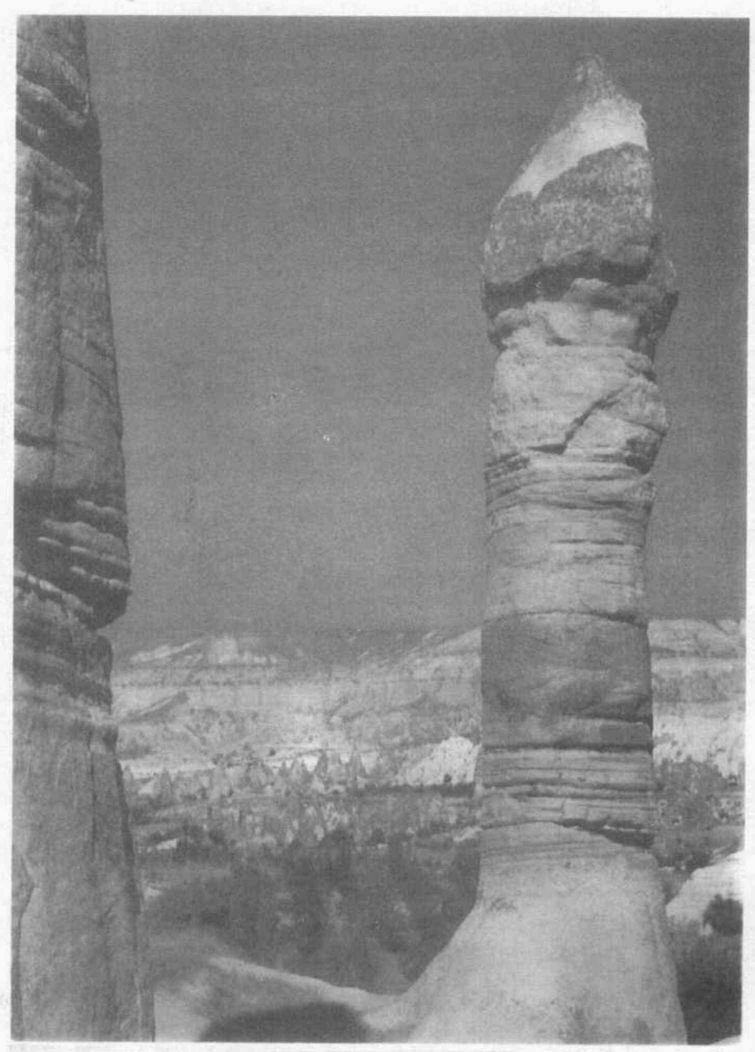
(Institute of Geological Sciences)



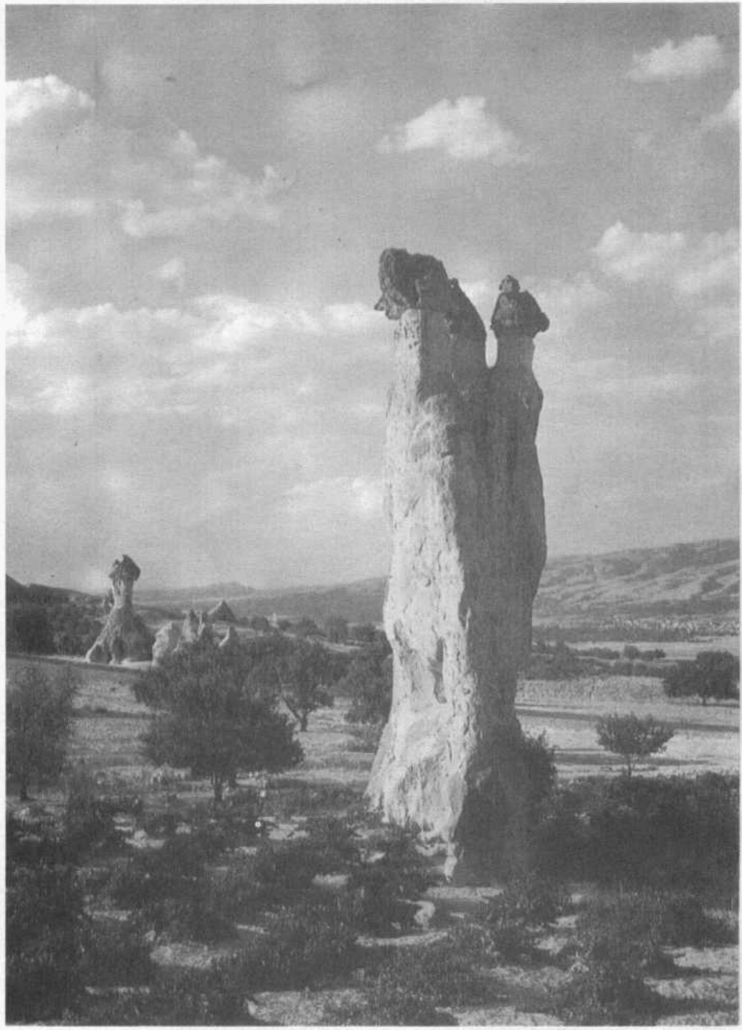
صورة ١٢) عش غراب فى أيرزونا
(Institute of Geological Sciences)



(صورة ١٣) تل يشبه عش الغراب
أو الكأس بمنطقة أم الصغير على الهامش الشمالى
لمنخفض القطارة، مكون فى
الأحجار الرملية وتغطيه طبقة رقيقة من طلاء
الصحراء(مجدى تراب، ١٩٩٣)



صورة ١٤) أعمدة صحراوية فى الأحجار الرملية بمنطقة Goreme فىCappadocia بوسط تركيا (هيئة السياحة التركية)



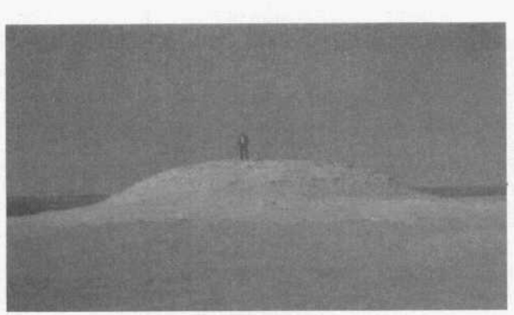
(صورة ١٥) مجموعة أعمدة صحراوية نشأت عن إنخفاض مستوى الماء الباطنى المصاحب لإنخفاض منسوب القاعدة العام خلال عصر البليستوسين بمنطقة وادى زليف Zelve بتركيا، لاحظ بقايا الطبقة الأفقية التى ساعدت على حماية العمود الصحراوى من تأثير عوامل التعرية وإمتداد هذه الطبقة بجميع الأعمدة المتناثرة بالمنطقة وعلى نفس المستوى (هيئة السياحة التركية).



(صورة ١٦) تل جزيرى مخروطى cone جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم، لاحظ شظايا البازلت المنتشرة على سفوح التل.



(صورة ١٧) تل جزيرى مسطح القمة على الهوامش الشرقية لمنخفض سيوة، لاحظ القشرة الملحية المكونة بالسهول المحيطة بالتل بتأثير الرطوبة الجوية، والطبقة الصلبة التى تعمل على حماية التل.



(صورة ١٨) تل جزيرى مقوس القمة بمنطقة قريشت على الهوامش الشرقية لمنخفض سيوة، لاحظ المظهر المورفولوجى للتل بعد إزالة الطبقة الصلبة التى كانت تحمى سطحه العلوى.



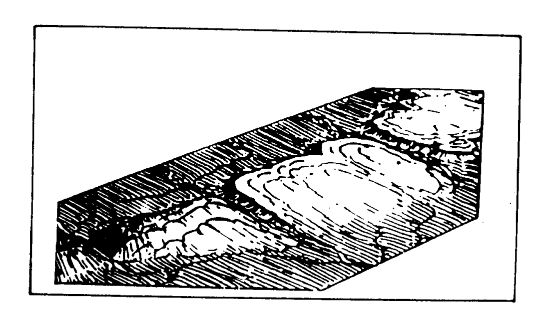
(صورة ١٩) تل جزيرى مزدوج القمة بمنطقة أم الصغير على الهوامش الشمالية لمنخفض القطارة.

ثانيا : اشكال الطبقات الصخرية المائلة

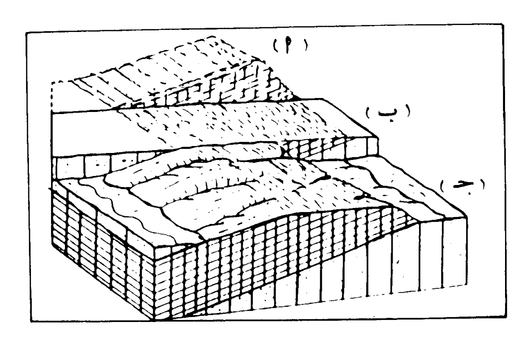
(١) الكويستا Cuesta - Questa

تعد الكويستا من أهم الظاهرات الجيومورفولوجية التى تنشأ نتيجة التباين فى التركيب الصخرى ونظام بنائه، وهى ليست قاصرة على المناطق الجافة ولكنها تنتشر فى جميع النطاقات المناخية بالكرة الأرضية.

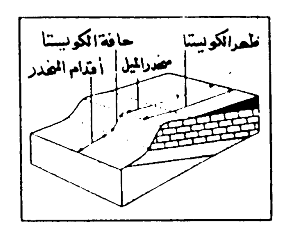
ويتألف الشكل العام للكويستا من حافة ذات انحدارين متضادين، الأول شديد عكس اتجاه ميل الطبقات ويعرف باسم الحافة Escarpment، ويمثل الآخر سطح الكويستا ويميل ببطء شديد مع اتجاه ميل الطبقات Dip، ويطلق عليه اسم انحدار ميل الطبقات، أو انحدار ظهر الكويستا Dip-Slop، ويتراوح انحداره بين نصف الدرجة وحوالى الخمس درجات. ويتشكل التتابع الطبقى للكويستا عادة من طبقات رسوبية مائلة متباينة الصلابة، تعرضت لعوامل التعرية المختلفة مكونة حافة الكويستا (حسن أبو العينين، ١٩٦٨).



(شكل ٩) الشكل الجيومورفولوجى العام لكل من : المائدة الصحراوية والكويستا وظهر الميمون (من اليمين لليسار).



(شكل ١٠) تأثير عوامل التعرية على الكويستا (After cotton, 1948).



(شكل ١١) أجزاء الكويستا (After cotton, 1948).

(٢) أظهر الميمون **Hogbacks-Razorbacks**

عبارة عن حافات صخرية شديدة الإنحدار تتبع ميل الطبقات (أكثر من ٥٠ درجة)، أما الحافات التى يتراوح ميل طبقاتها بين (٢٠ –٥٠ درجة) فيطلق عليها مصطلح منحدر صخرى (منحدر الميل) Face Slope - Scarp Slope، أما الحافات الهينة الانحدار التى يقل ميل طبقاتها عن ذلك فيطلق عليها تعبير كويستا Cuesta.

وتتشكل حافات أظهر الميمون Hogbacks نتيجة تتابع الطبقات المائلة الصلبة والضعيفة، وتباين تأثير عوامل التعرية عليها، وهناك عدة أنماط من هذه الحافات هى:

١- حافات أظهر الميمون القبابية **Domed Hogbacks**

مثل حافات مرتفعات هنرى .Henry mt بولاية أوتاه الأمريكية المتكونة فى قباب اللاكوليث.

٢- حافات أظهر الميمون ذات التداخلات النارية **Intrusive Hogbacks**

(الناجمة عن تداخل القواطع النارية Dikes)

٣- حافات أظهر الميمون الانكسارية **Faulted Hogbacks**

(الناجمة عن الحافات الإنكسارية)

٤- حافات أظهر الميمون الالتوائية **Recumbent Folded Hogbacks**

(الناجمة عن الحافات الالتوائية المضجعة أو النائمة Recumbent Folds.

٥- حافات أظهر الميمون المرفوعة وحيدة الجانب **Monoclinal Hogbacks**

الناجمة عن الالتواءات وحيدة الميل Monoline Folds

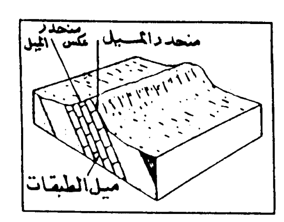
٦- حافات أظهر الميمون الجيرية **Limestone Hoghacks**

مثل الحافات اقليم الكارست فى استريا Istria بيوغسلافيا

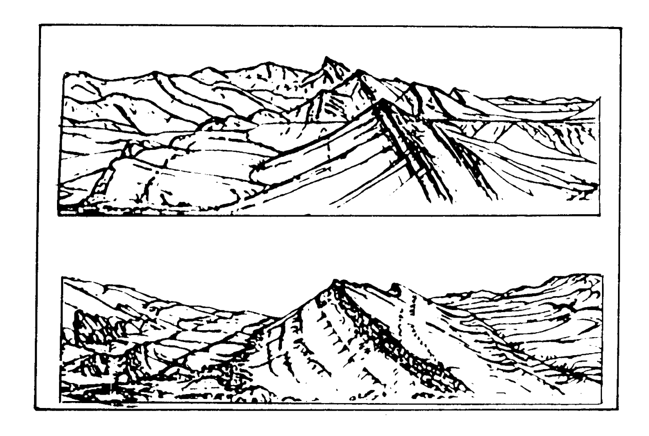
٧- حافات أظهر الميمون المدفونة بالارسابات الفيضية **Buried Hogbacks**

وهى تلك الحافات المدفونة اسفل الارسابات الفيضية للأودية الجافة والمراوح الفيضية والباجادا.

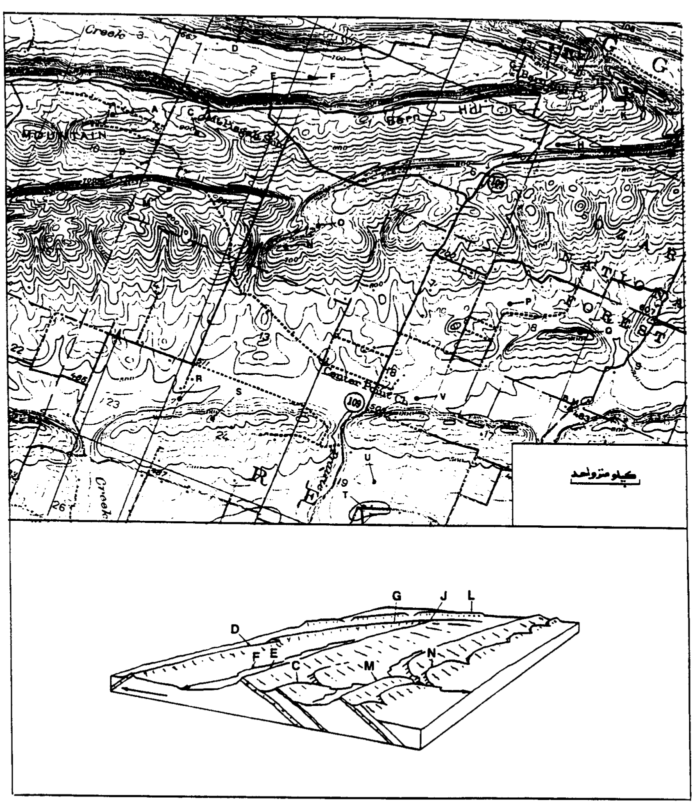
وتتميز أظهر الميمون عن الحافات الرأسية Homoclinal Ridges فى أن إنحدارها يتبع ميل الطبقات، أما الثانية فإن انحدارها العام عكس ميل الطبقات Anti-Dip Slope.



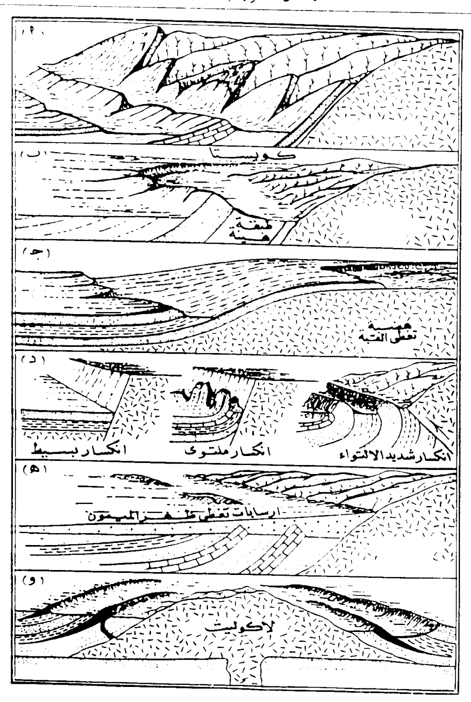
(شكل ١٢) أجزاء ظهر الميمون



(شكل ١٣) أظهر الميمون فى صخور جيوراسية بولاية كلورادو الأمريكية.
(After Monkhouse, F., and Small., 1978)



(شكل ١٤) خريطة طبوغرافية وشكل مجسم يوضح مجموعة من حافات أظهر الميمون فى منطقة Boonpville بولاية أركنساس الامريكية. قم بمضاهاة مواقع الحروف الموضحة بالمجسم بما يقابلها على الخريطة (After Miller, V.and Westerback, M., 1988)



(شكل ١٥) بعض أنماط أظهر الميمون (After Lobeck, 1939)

(ا) أظهر الميمون الألتوائية

(ب) أظهر ميمون متحولة عن كويستا بسبب تزايد ميل الطبقات

(جـ) هضبة التوائية تغطى قبة بركانية

(د) أظهر الميمون الانكسارية

(هـ) أظهر الميمون المدفونة

(و) أظهر الميمون البركانية





(صورة ٢٠) ظهر ميمون فى منطقة zuni بولاية داكوتا الأمريكية

(Science Air Photoes)

ثالثا : الاشكال الالتوائية Folding Features

تتعرض القشرة الأرضية لحركات رفع تكتونية بطيئة خلال فترات طويلة من التاريخ الجيولوجى، وتعد الطبقات الصخرية الرسوبيةالحديثة العمر الجيولوجى من انسب الصخور استجابة لحركات الثنى والطى.

فإذا تعرض القسم الأوسط من الطبقات الصخرية لحركة رفع نجد انها تؤدى لثنى هذه الطبقات لأعلى. ثنيات محدبة Anticlines وتفصل بينها ثنيات مقعرة Synclines.

(١) عناصر الإلتواء Fold elements

قمة الثنية (الالتواء) Crest: أعلى نقطة فى الثنية المحدبة.

قاع الثنية (الالتواء) Trough: أدنى نقطة فى الثنية المقعرة.

جانب أو جناح الثنية Limb: الجانبان اللذان تميل فيهما الصخور فى اتجاهين متقابلين.

محور الالتواء Axis of Fold: المحور أو المستوى الذى تنثنى حوله الطبقات الصخرية، وقد يكون هذا المحور عمودياً أو مائلاً أو أفقياً.

زاوية مستوى المحور Pitch: الزاوية التى يصنعها خط قمة الثنية مع المستوى الأفقى، وتحدد قيمة هذه الزاوية مقدار غطس الثنية.

طول الثنية Fold Length: المسافة التى تمتد فيها الثنية مع مضرب الطبقات.

عرض الثنية Fold Width: المسافة التى تشكلها الثنية فى اتجاه ميل الطبقات.

(٢) أشكال الثنيات: Folding Forms

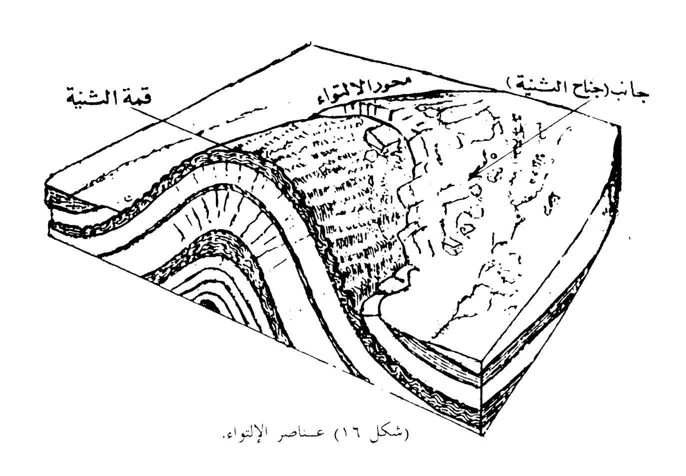
تأخذ الثنيات أشكالا متعددة إلا أنه يمكن تقسيمها إلى مجموعتين اساسيتين هما:

(أ) الثنيات المحدبة والمقعرة المتماثلة Symmetrical وهى التى تتساوى زاوية ميل الطبقات على جانبيها.

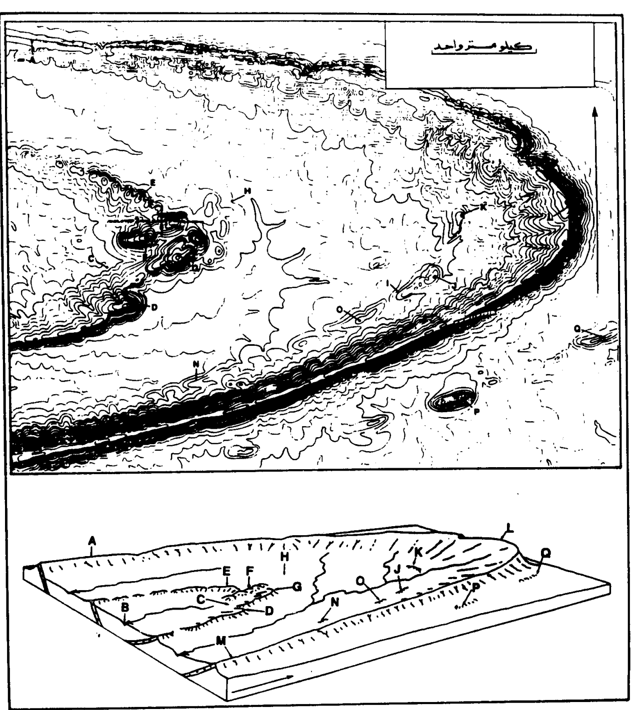
(ب) الثنيات المحدبة والمقعرة غير المتماثلة Assymmetrical وهى التى لاتتساوى زاوية ميل الطبقات على جانبيها.

وتبعا لإختلاف زاوية ميل الطبقات وخصائصها العامة تقسم الثنيات إلى الاشكال الآتية:

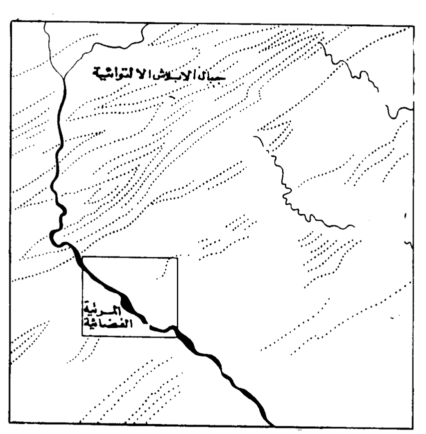
١- وحيدة الجانب. ٢- مقلوبة.
٣- نائمة أو مضجعة. ٤- نائمة صدعية.
٥- متوازية. ٦- ملتوية.
٧- محدبة عظمى. ٨- مقعرة عظمى.



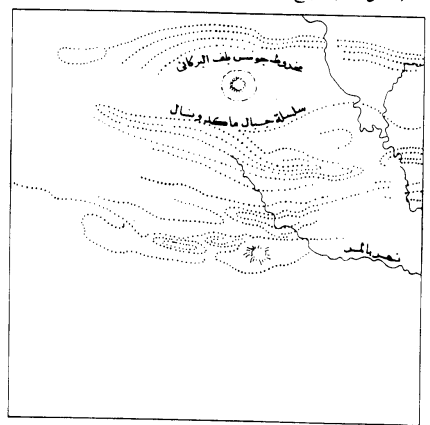
(شكل ١٦) عناصر الإلتواء.



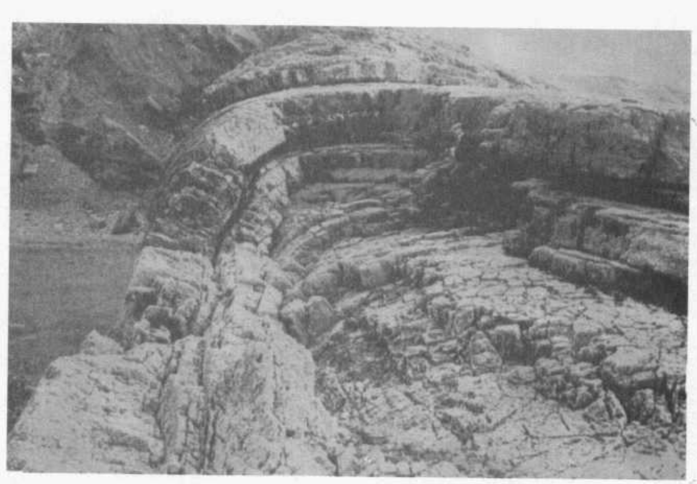
(شكل ١٧) ثنية مقعرة بمنطقة Cato بولاية أركنساس الأمريكية كما تبينها الخريطة الطبوغرافية والشكل المجسم (After Miller, V., and Westerback, M., 1988)



(شكل ١٨) موقع المرئيـــة الفضــــائـيـة بصورة رقـم ٢٣.



(شكل ١٩) موقع المرئـــة الفضــــائية بصورة رقـم ٢٤.



(صورة ٢١) التواء وحيد الجانب فى الحجر الرملى والشيل فى وسط انجلترا

(British Geological Survey)



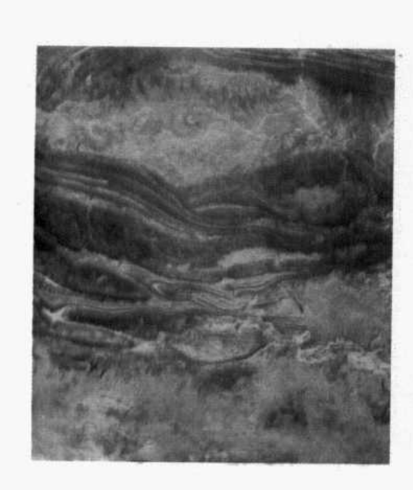
(صورة ٢٢) ثنية محدبة فى منطقة جبل شيب - Sheep بولاية Wyo الأمريكية

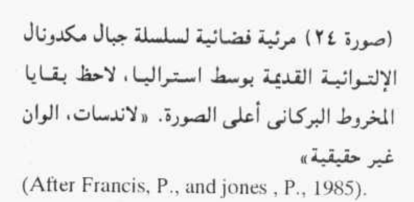
(After Shelton, J. S.,1966)





(صورة ٢٣) مرئية فضائية لجزء من جبال الأبلاش الإلتوائية شرقى ولاية بنسلفانيا «لاندسات، ألوان غير حقيقية»
(After Francis, P., and jones, P., 1985)





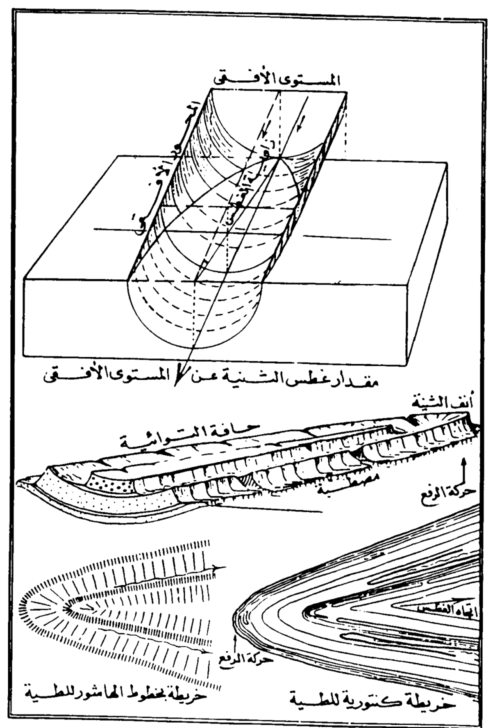
(صورة ٢٤) مرئية فضائية لسلسلة جبال مكدونال الإلتوائية القديمة بوسط استراليا، لاحظ بقايا المخروط البركانى أعلى الصورة. «لاندسات، الوان غير حقيقية»
(After Francis, P., and jones , P., 1985).



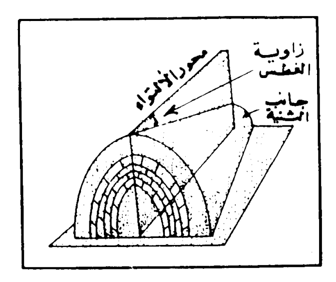
(صورة ٢٥) نهر يانجتسى أطول أنهار قارة آسيا يخترق سلسلة جبلية إلتوائية فى مقاطعة Szech-wan فى الصين «لاندسات، الوان غير حقيقية»
(After Francis, P., and jones, P., 1985)

(٣) الطيات المحدبة والمقعرة الغاطسة Pitching Anticlines and Synclines

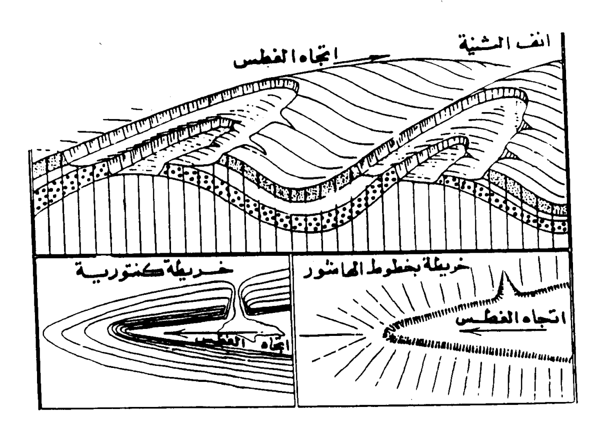
ثنيات أو طيات تميل محاورها ميلاً شديداً نتيجة عدم انتظام حركة الرفع التكتونية المشكلة للثنية. مما يؤدى إلى زيادة قيمة زاوية مستوى المحور Pitch.



(شكل ٢٠) طية مقعرة غاطسة معبراً عنها برسم
توضيحي وخريطة كنتورية هاشور ومجسم



(شكل ٢١) أجـزاء الثنيـة الغاطسـة



(شكل ٢٢) طيـة محدبـة غاطسـة معبـراً عنـها
بمجسـم وخريطـة كنتوريـة وخريطة هـاشـور

(٤) القباب التكتونية (الالتوائية) Tectonic Domes

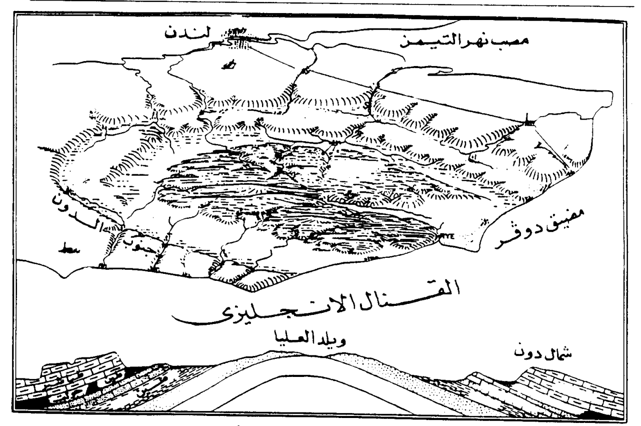
قباب دائرية الشكل تنتج عن حركات الرفع الأرضية، ويتجه ميل الطبقات فى هذه الحالة من نقطة مركزية تمثل قمة القبة صوب جميع الاتجاهات المحيطة بها، أى اشعاعية الميل Radiating Dip. ومن أوضح أمثلتها قبة أديرونداك Adirondack بولاية نيويورك الأمريكية، وقباب بلاك هيلز Black Hills بولاية داكوتا الجنوبية وبالقرب من مدينة نيومكسيكو.

(٥) الأحواض التكتونية (الالتوائية) Tectonic Basins

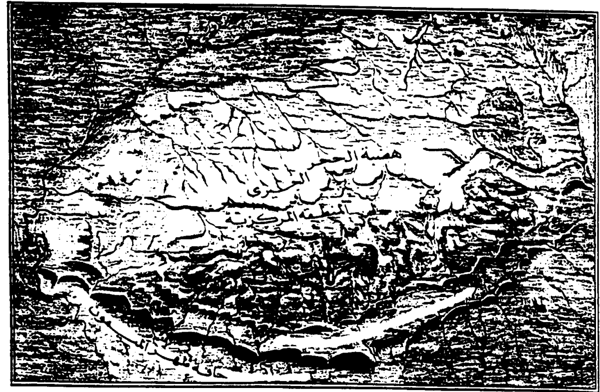
منخفضات مغلقة تشبه الأطباق Saucer - Like Form دائرية الشكل، تنشأ بفعل الحركات التكتونية، وتظهر الأحواض التكتونية فى المناطق التى لم تتأثر بعد بظاهرة الإنقلاب التضاريسى التى تعمل على طمس التركيب الصخرى الأصلى، حيث تتحول المحدبات إلى أجزاء منخفضة من سطح الأرض، بينما تتحول المقعرات إلى مناطق هضبية الشكل، مرتفعة المنسوب نسبياً، تبعاً لتجمع الرواسب فيها.

(٦) الطيات الزجزاجية (الملتوية) Zigzag Folds

تتشكل فى بعض الأحيان مجموعات متجاورة من الثنيات المحدبة بالتتابع مع الثنيات المقعرة، وتتميز بأن محاورها عمودية أى رأسية وتتماثل جوانبها من حيث الشكل ومقدار ميل طبقاتها. وتسهم هذه الطيات فى تكوين سلاسل من الحافات الصخرية الزجزاجية Zigzag Ridges، وتفصلها نظم التصريف المائى الشبكى (المتشابك) Trellis Drainage Patterns



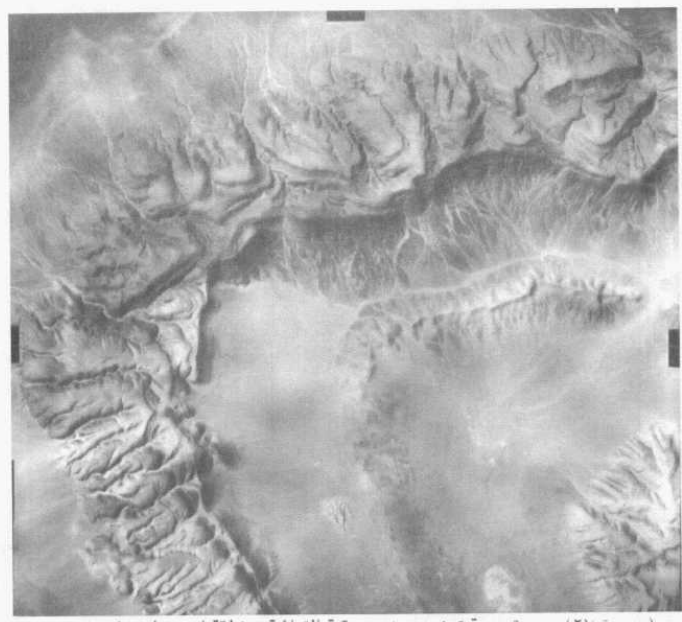
(شكل ٢٣) قطاع جيولوجى ومجسم للقبة الألتوائية فى إقليم Weald البريطانى (After Lobeck, A., 1939)



(شكل ٢٤)القبة الالتوائية فى إقليم بلاك هيلز
(After Lobeck, A., 1939)

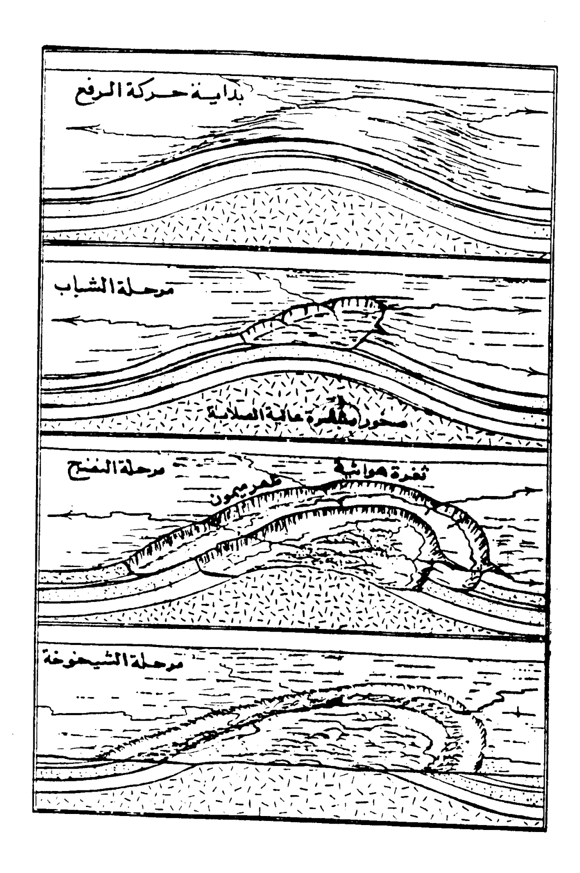


(صورة ٢٦) قبة التوائية فى تكوينات الحجر الجيرى (Science Air Photoes) .

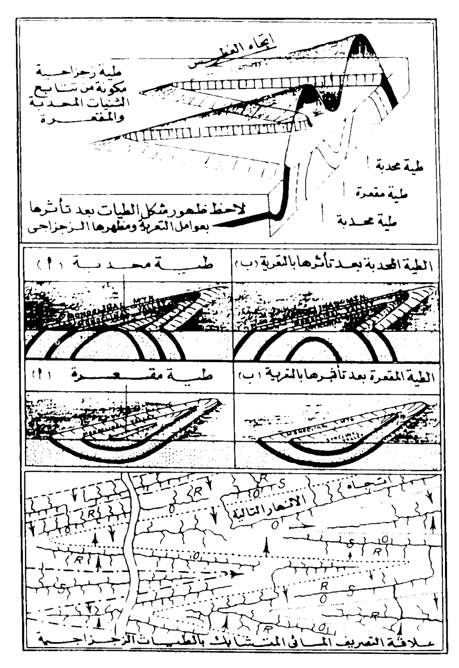


(صورة ٢٧) صورة جوية توضح جزء من قبة التوائية بمنطقة ابن عباس غرب Zemhamr بإيران، لاحظ تمكن عوامل التعرية من إزالة تكوينات القبة وتحزز حوافها بالمسيلات الجبلية مهداه من prof. D. Chorley , R.



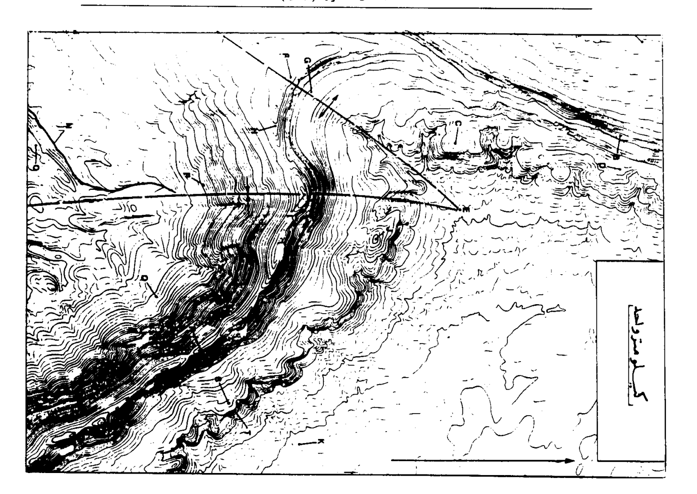


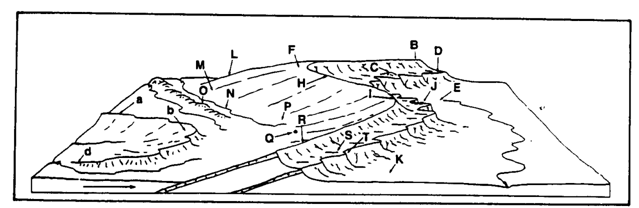
(شكل ٢٥) تأثير عوامل التعرية على القباب الالتوائية



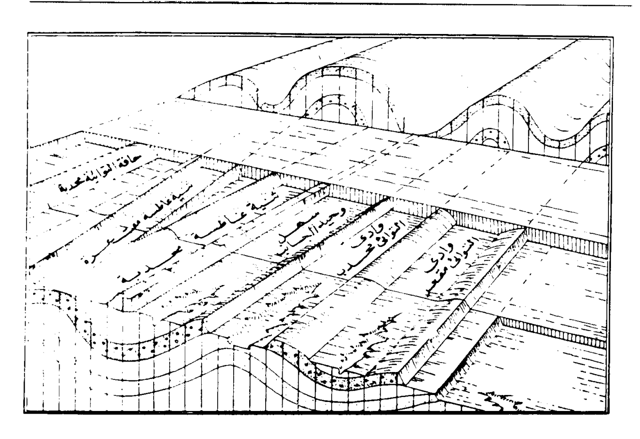
(شكل ٢٦) حافات ناتجة عن الطيات الملتوية الزجزاجية
(After Lobeck, A., 1939)

الرموز:
الأنهار التاليــة S
الأنهــار العكسيــةO
الأ نهار الثانوية التابــعة R
اتجاه ميــل الطبقــات ↘

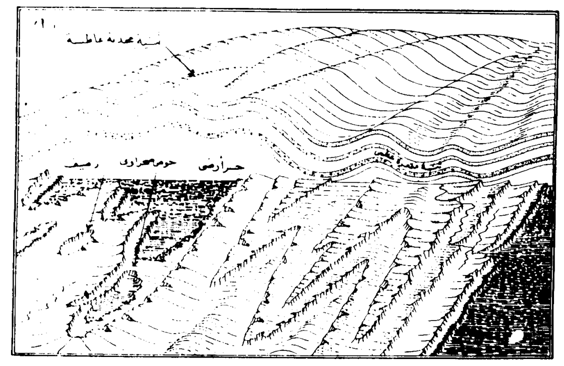




(شكل ٢٧) طية زجزاجية فى منطقة New Enterprise بولاية بنسلفانيا الأمريكية، توضحها خريطة طبوغرافية وشكل مجسم (قم بمضاهاة مواقع الأحرف الموضحة على الخريطة والمجسم)، (After Miller, V., and Westeback, M., 1988)



(شكل ٢٨) دورة التعرية فى السلاسل الجبلية الالتوائية
(After Lobeck.,A., 1939)



(شكل ٢٩) بعض الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن الثنيات المحدبة والمقعرة
(After Lobeck, A., 1939)

رابعا : الاشكال الانكسارية Faulting Features

تحدث الحركات الإنكسارية التكتونية نتيجة قوى الشد والضغط التى تتعرض لها صخور القشرة الأرضية. وهناك عدة مرادفات تستخدم للدلالة على هذه الحركات مثل الصدوع والعيوب والفوالق وغيرها.. وقد تكون الحركة الإنكسارية رأسية أى تتحرك الطبقات عبر خط الانكسار رأسياً، أو تتزحزح جانبياً (أفقياً).

(١) عناصر أو أجزاء الانكسار (الصدع).

سطح الانكسار Fault Surface: السطح الذى تتحرك الطبقات على امتداده سواء رأسياً أو أفقياً.

مرمى الانكسار Throw of fault: البعد أو المسافة الرأسية التى تتحركها الطبقات عبر سطح الانكسار بشرط أن يتم القياس عمودياً على اتجاه الطبقات.

ميل الانكسار Dip of Fault: الزاوية المحصورة بين ميل سطح الانكسار ومستواه الأفقى، ويعرف الخط العمودى على ميل الانكسار باسم مضرب الانكسار.

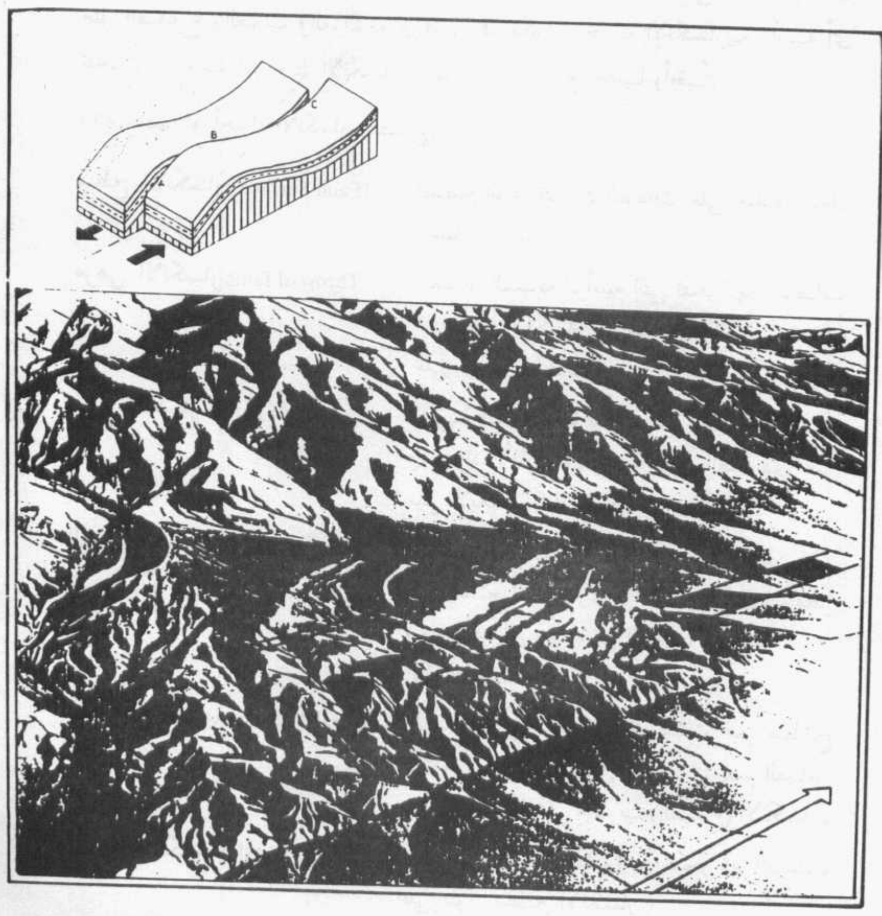
الجانب المرفوع Up throw side : جانب الانكسار الذى ارتفع إلى أعلى على طول سطح الانكسار. أما الجانب الذى انخفض لأسفل فيطلق عليه اسم الجانب الهابط Down throw side.

الزحزحة الجانبية Lateral Shifting: المسافة التى تتحركها الطبقات عبر سطح الانكسار جانبيا (أفقيا) بشرط أن يتم القياس بصورة عمودية على مضرب (الصدع) الانكسار.

الزحزحة الكلية Slip: المسافة الكلية (الإجمالية) التى تتحركها الطبقات على طول سطح الانكسار.

(٢) الحافات الانكسارية (الصدعية) Fault Scarps

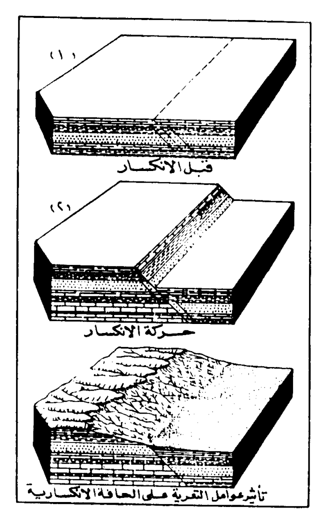
تنشأ الحافات الانكسارية (الصدعية) عن عمليات شد الطبقات الصخرية Tension، ويتفق اتجاه الحافة فى هذه الحالة مع سطح الانكسار.



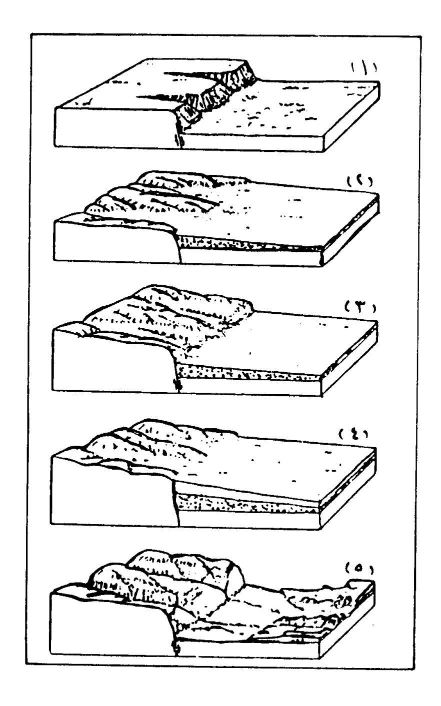
(شكل ٣٠) رسم تخطيطى لإنكسار أفقى، لاحظ تأثير الإنكسار على رواسب المروحة الفيضية، وإرسابات نطاق الباجادا

(٣) تطور الحافات الإنكسارية Evolution of Fault Scarps

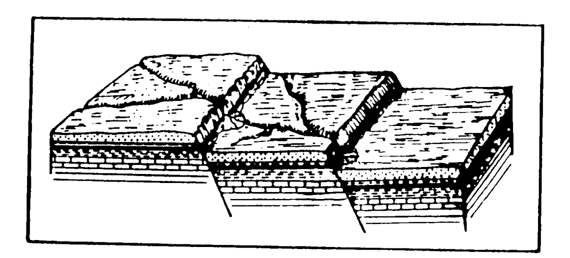
حينما تبرز الجروف الانكسارية(الصدعية) تبدأ عوامل النحت والإزالة فى اكتساح المواد على طول هذه الحافات، فتتراجع جوانب هذه الجروف خلفياً، وتعرف حينئذ بحافات اسطح الإنكسار (الصدوع) Fault - Line Scarps أو جروف النحت Erosion Scarps، وفى نفس الوقت تتآكل الكتل الأرضية المرفوعة Up Throw Sides، فتهبط مناسيبها تدريجياً، فإذا لم تتجدد حركة الرفع التكتونية يتلاشى التباين فى المناسيب الناجم عن الحركة التكتونية السابقة، ويتحول سطح الأرض إلى سهل نحت مستوٍ تختفى منه آثار الانكسار تحت الرواسب السطحية الحديثة.



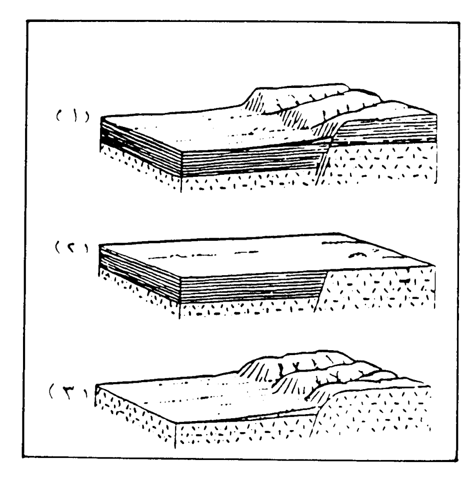
(شكل ٣١) تطور الحافات الإنكسارية



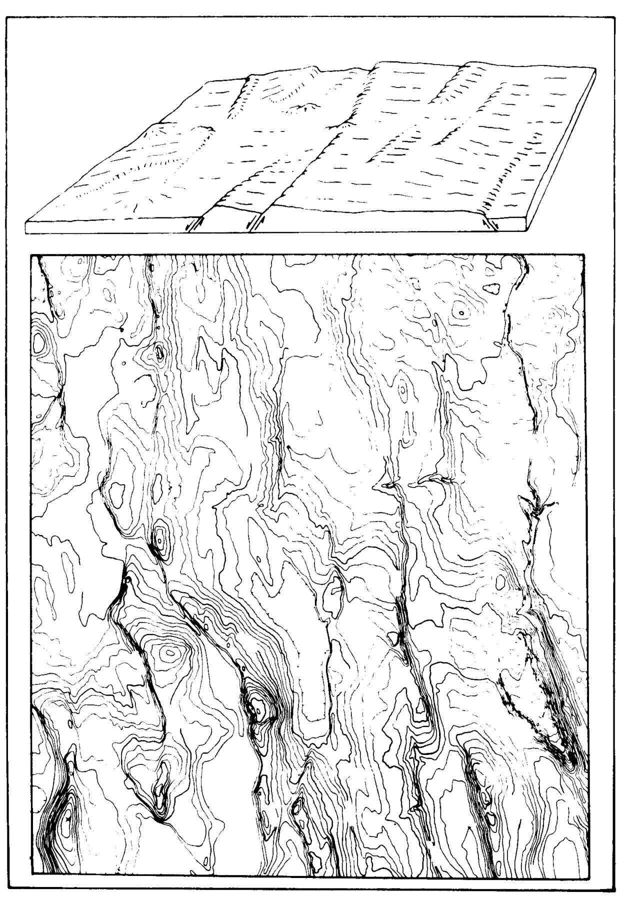
(شكل ٣٢) بعض أنماط الحافات الإنكسارية
(١) حافة إنكسارية (٢) حافة إنكسارية مدفونة
(٣) حافة إنكسارية مرفوعة (٤) حافة إنكسارية مرفوعة ثم دفنت بالرواسب.
(٥) حافة إنكسارية مرفوعة.



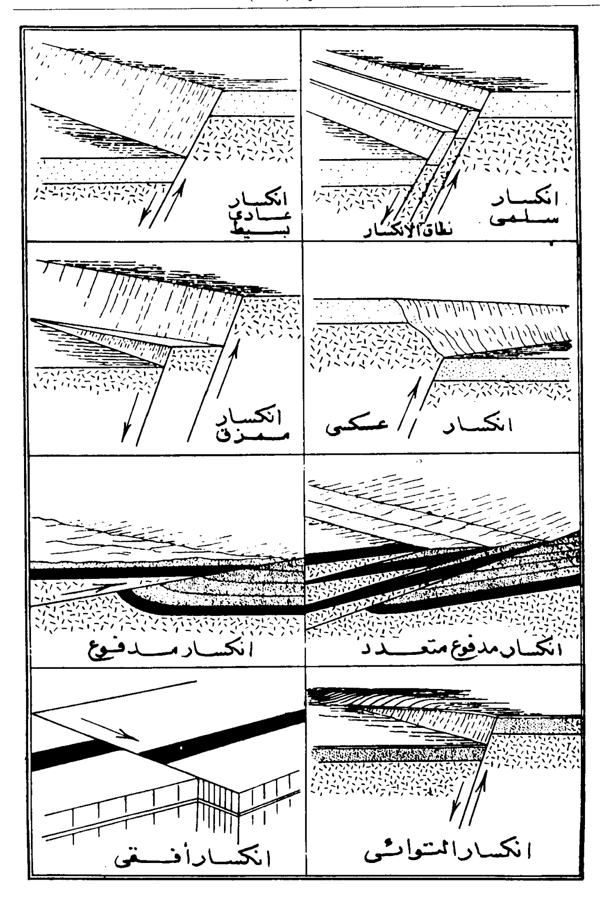
(شكل ٣٣) إنكسار سلمي



(شكل ٣٤) مراحل تطور الحافات الإنكسارية
(١) حدوث الإنكسار (٢) إزالة الجانب المرفوع بعوامل التعرية
(٣) إزالة الجانب الهابط بعوامل التعرية



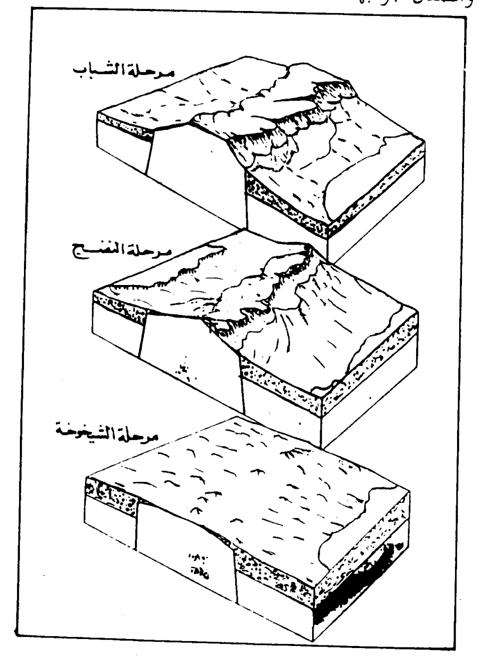
(After Miller, V., and Westerback, M., 1988)



(شكل ٣٦) بعض أنماط الإنكسارات

(٤) الضهور _ (الصدعية) الانكسارية Horsts

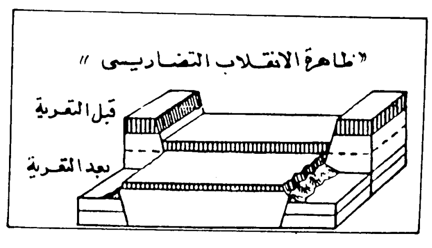
مصطلح من أصل ألمانى Horsto وهى كلمة معناها عش النسر، وتحدث الضهور (الهورست) حينما تبرز كتلة صخرية ضخمة بمنسوب مرتفع بالنسبة لأجزاء سطح الأرض المجاورة لها، وتتميز أسطح الانكسار الحائطية للضهر الصدعى بشدة انحدارها وانصقال جوانبها.



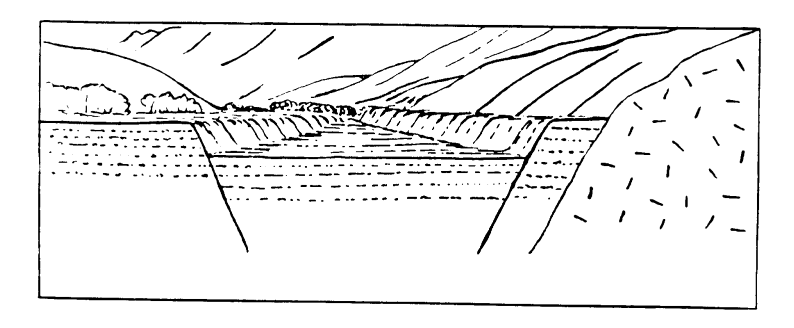
(شكل ٣٧) مراحل دورة التعرية فى المناطق الجافة
وتأثيرها على الضهور الصدعية

(٥) الأغوار (الصدعية) الانكسارية Grabens

تنشأ الأغوار الانكسارية فى طبقات صخرية عظيمة السمك، بحيث يهبط القسم الأوسط من الكتلة الصخرية لأسفل مكوناً منطقة حوضية، وقد ترتفع فى نفس الوقت الطبقات الصخرية المجاورة لها لأعلى، وينتج عن الأغوار الصدعية العديد من اظاهرات الجيومورفولوجية التى يطلق عليها مصطلح الأشكال الأخدودية Rift Features، مثل الأغوار والأودية الأخدودية Rift Valleys



(شكل ٣٨) تأثير عوامل التعرية على الأغوار الصدعية



خامسا : الاشكال البركانية Volcanic Features

تسهم الثورانات البركانية فى تشكيل المظهر المورفولوجى لبعض المناطق الصحراوية، خاصة إذا كانت تلك المناطق حديثة النشأة التكتونية، ولذا يغطى سطح الأرض بالمصهورات البركانية والمفتتات والرواسب ذات المصدر البركانى.

وقد تأثرت أجزاء متعددة من صحارى امريكا الشمالية بالمخروطات البركانية الحديثة وأهمها براكين سنسيت فى صحراء أريزونا، وأمبوى وبيسا فى صحراء كاليفورنيا وبعض براكين وادى ديث – Death valley فى اريزونا. كما حدثت بعض الأنشطة البركانية فى الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء، وأبرزها جبل الدخان وجبل كاترين، وبعض المخروطات البركانيةالمنعزلة المتناثرة فى منطقة طريق القاهرة – السويس الصحراوى. وتظهر بالأراضى الصحراوية المتأثرة بالأنشطة البركانية العديد من الأشكال الجيومورفولوجية، سوف نتناول أهمها فى العرض التالى:

(١) الحرات – الحرار Lava Sheets

مفردها حرة وهى أرض مغطاه بالبازلت الأسود الناشىء من تصلب الصهير المنبثق من باطن الأرض، خلال مناطق الضعف فى القشرة الأرضية ومن فوهات البراكين، وبعد تصلب الصهير تظهر عليه الشقوق، نتيجة عظم المدى الحرارى اليومى والفصلى فى الصحراء، مما يؤدى إلى ظهور الحرة فى شكل صخور منثورة فوق سطح الأرض، او متراكمة فوق بعضها تبعاً للنشاط البركانى ونظامه، وكذلك مدى البعد عن مركز الشقوق الصخرية التى انبثقت منها اللافا المنصهرة (عبد الله الغنيم، ١٩٨٤، ص. ٣٤).

وتحظى شبه الجزيرة العربية بالنصيب الأعظم من الحرات البازلتية وخاصة بالنطاق المحصور بين قواعد جبال لبنان الشرقية والطرف الشمالى لصحراء النفود، فى نطاق يمتد نحو ٤٥٠ كم، ويبلغ متوسط عرض هذا النطاق السطحى قرابة المائة كيلومتر.

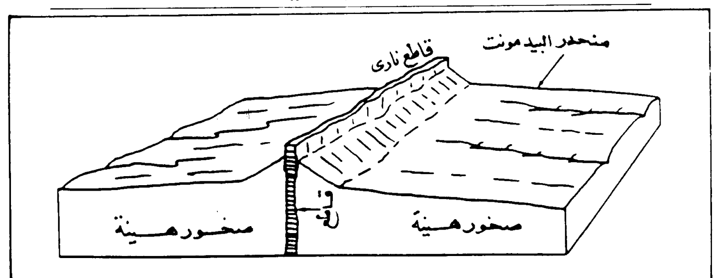
ويبدو المظهر الطبوغرافى للأسطح الطفحية للحرات، كهضاب شبه مستوية بوجه عام، إلا أنها مسننه السطح، تقطعها أحيانا بعض الأودية المنطبعة التى تعمل على انفصالها إلى مجموعة هضيبات كاشفة الصخور المتراكبة عليها.

وتعد الحرات من الأشكال الأرضية النادرة فى الصحراء الكبرى الإفريقية، حيث تكاد تقتصر أكبر نماذجها فى الصحارى الليبية على الجبل الأسود والهروج الأسود، ويبرز هذان الجبلان كإثنين من الأعلام البركانية المخروطية الشكل التى تغطى طفوح البازلت منحدارتهما.

(٢) حواجز السدود النارية «الديناصورات» Barrier Dikes (Dykes)

أحد أشكال الثورانات البركانية التى تقطع الطبقات الصخرية رأسياً، وتعمل على انصهار الصخور المحيطة بها وتحويلها إلى صخور متحولة تبعاً لشدة حرارتها. ويتوقف شكل الظاهرة الناتجة من اختراق السدود النارية للقشرة السطحية على طبيعة المادة المكونة للسد النارى ودرجة صلابتها بالنسبة للصخور التى تخترقها، فتعمل عوامل التعرية على نحت وتآكل الطبقات الأقل صلابة، فإذا كانت السدود أشد مقاومة- فإنها تبقى على شكل حواجز طولية تمتد أحياناً لمسافات كبيرة، وتشبه الديناصورات الرابضة بالصحراء، تمثل السدود أعمدتها الفقرية. أما إذا كانت المادة المكونة للسد النارى أقل صلابة من الطبقات المجاورة لها، تحفر السدود الخنادق الطولية بدلاً من السدود، كأحد أشكال الإنقلاب التضاريسى.

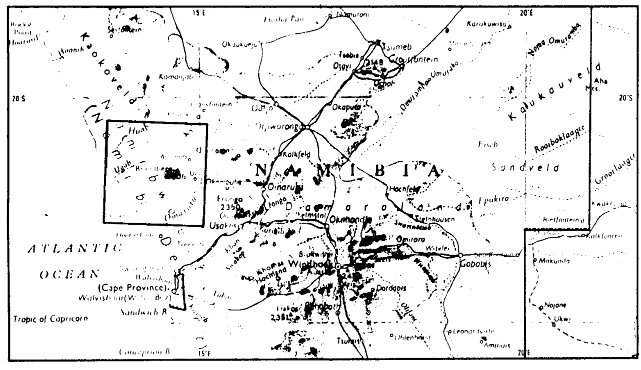
وقد ميز الكاتب اعداداً كبيرة من الحواجز النارية بمنطقة سانت كاترين بشبه جزيرة سيناء، كما تتمثل هذه السدود فى الصحراء الليبية شمالى الهروج الأسود.



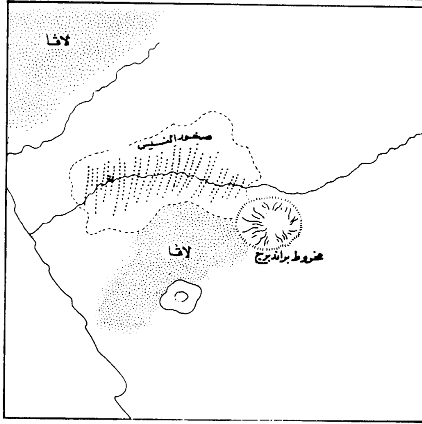
(شكل ٤٠) حاجز نارى يقطع صخور أقل صلابة

(٣) الهياكل البركانية **Volcanic Skeletons**

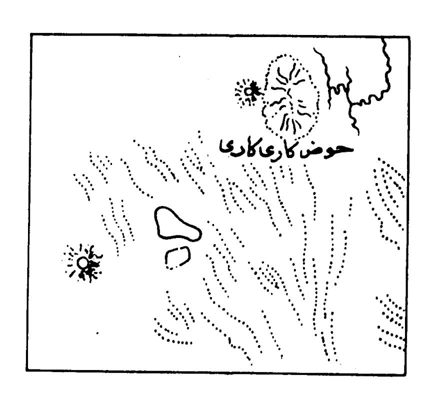
تتأثر المخروطات البركانية الخامدة بعوامل التعرية، فتعمل على إزالة بعض أجزائها الخارجية، حيث تتساقط جدران فوهة البركان، وتنهار السفوح الجانبية لجسم المخروط بفعل الجاذبية الأرضية، ولايتبقى منه فى النهاية سوى عمود بركانى يمثل قصبة البركان Volcanic Neck، التى تقف منعزلة وتشير إلى موقع البركان القديم.



(شكل ٤١) موقع المرئية الفضائية بصورة ٢٨.



(شكل ٤٢) رسم تخطيطى للمرئية الفضائيـة بصورة رقـم (٢٨)



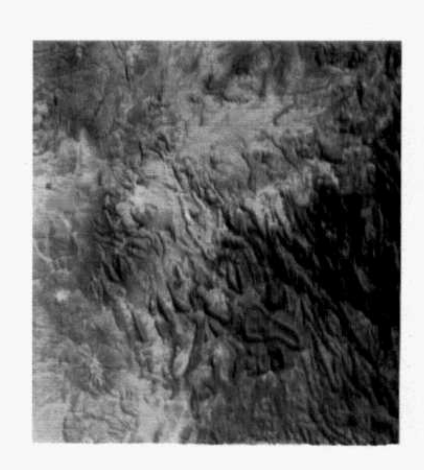
(شكل ٤٣) رسم تخطيطى للمرئية الفضائيـة بصورة رقـم (٣٠)

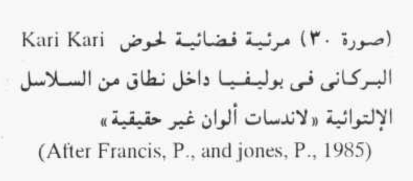




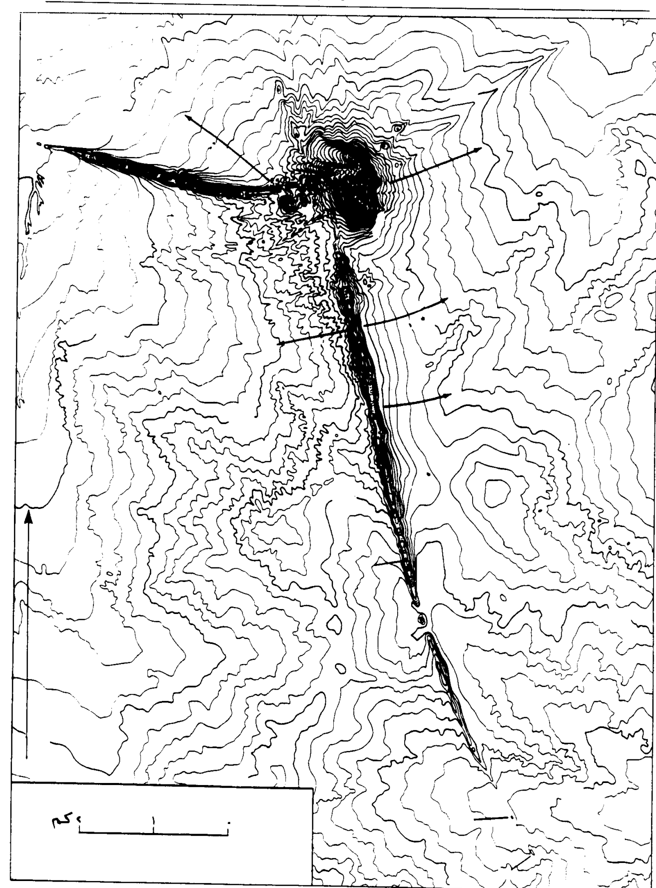
(صورة ٢٨) الهيكل البركانى لأحد المخروطات فى ناميبيا Brand berg لاحظ بقايا المواد اللافيه ذات الألوان القاتمة، ونطاق صخور النيس المتحولة وسط المرئية الفضائية «لاندسات، ألوان حقيقية»
After Francis, P., and jones, P., 1985

(صورة ٢٩) مرئية فضائية لمجموعة هياكل بركانية قديمة تشبه الزهور المتفتحة تزركش المناطق الحدودية فى بوليفيا، لاحظ مجموعة البحيرات ذات الألوان الداكنة والسلاسل الجبلية الواقعة بالجزء الأيسر للصورة، «لاندسات، ألوان غير حقيقية»
After francis, P., and jones, P., 1985



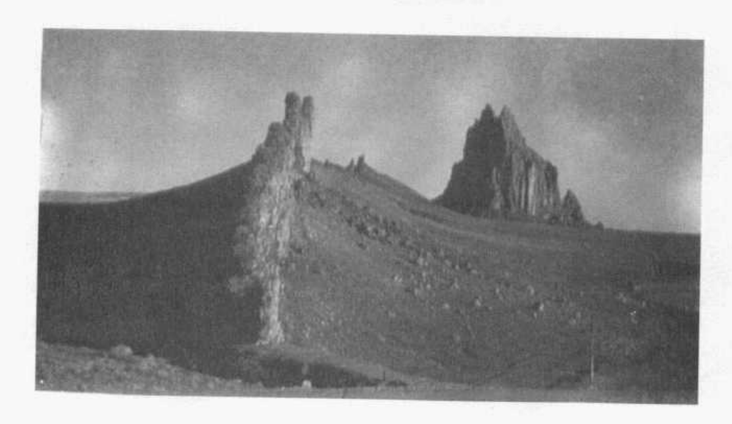


(صورة ٣٠) مرئية فضائية لحوض Kari Kari البركانى فى بوليفيا داخل نطاق من السلاسل الإلتوائية «لاندسات ألوان غير حقيقية»
(After Francis, P., and jones, P., 1985)



(شكل ٤٤) خريطة كنتورية للهيكل شيبروك فى المكسيك راجع الصورة الفوتوغرافية رقم ٣٢.

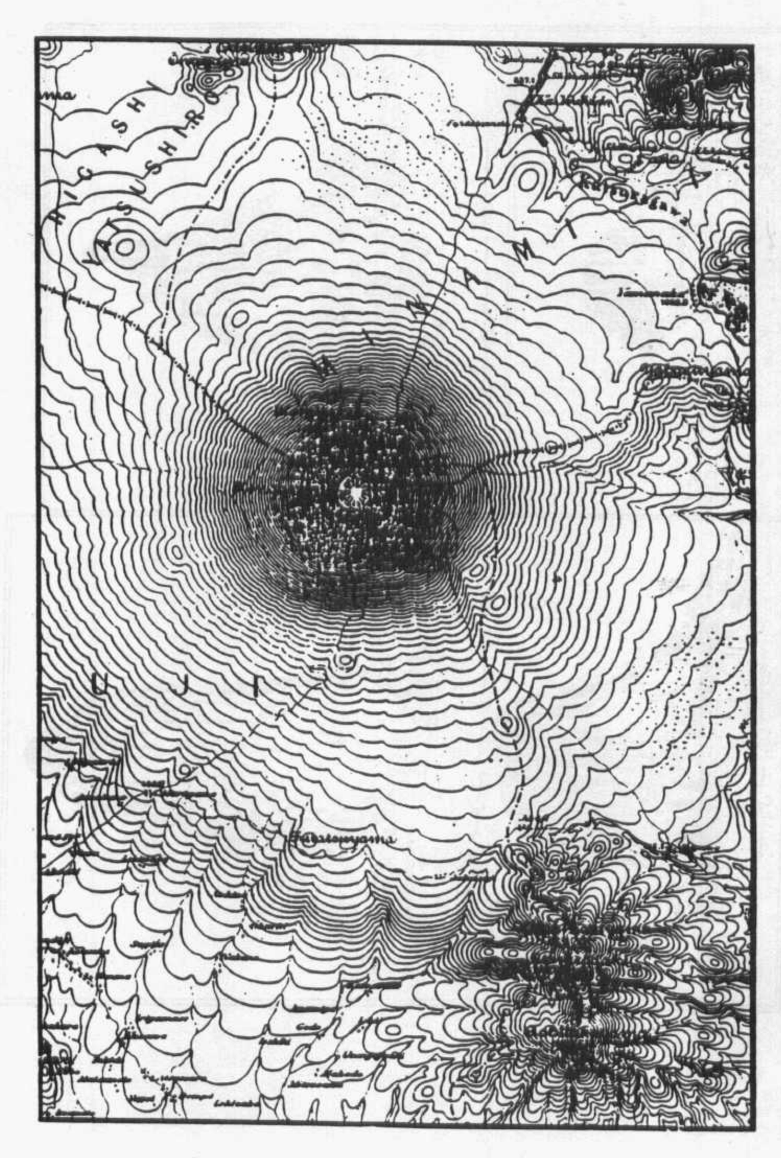




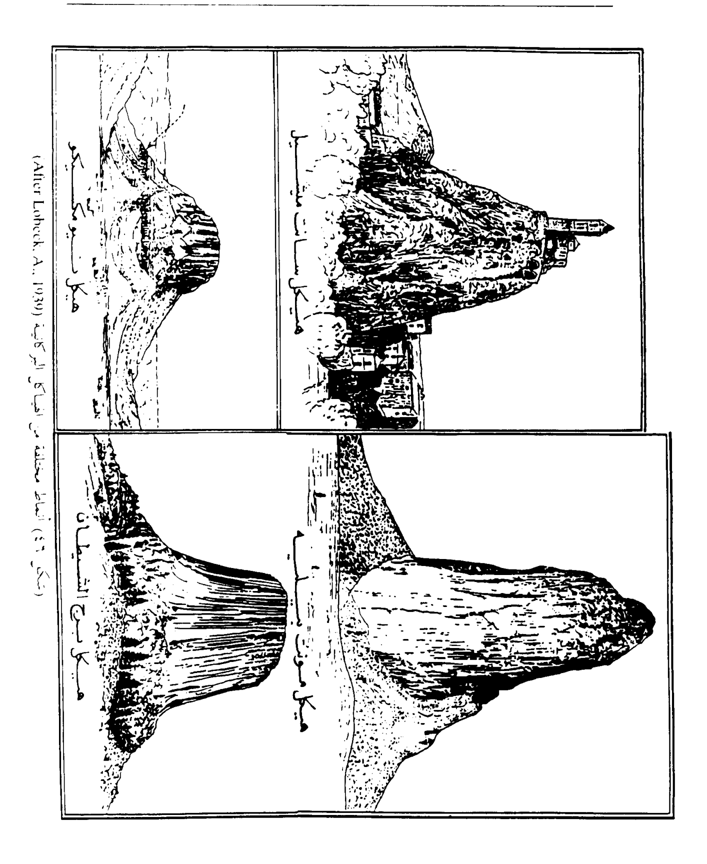
٣١) حاجز نارى بالمكسيك (After Money, D., 1974)



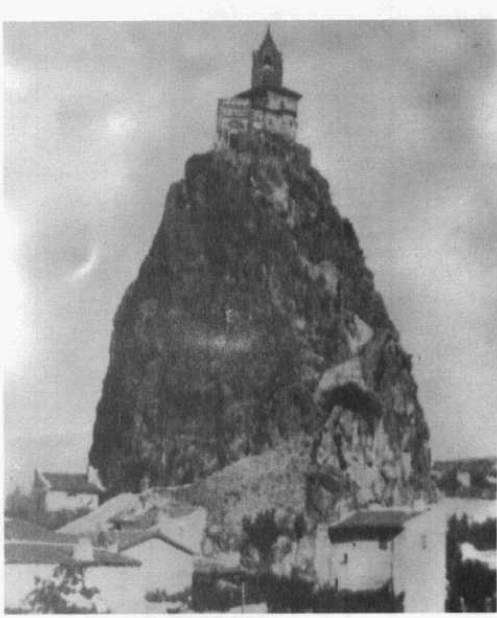
(صورة ٣٢) بقايا هيكل بركان شيبرك Ship Rock فى المكسيك بعد تأثير عوامل التعرية وإزالة أجزاءه الخارجية ولم يتبق منه سوى عنقه القديم وبعض السدود الرأسية المدفونة.
(After Money, D., 1974)

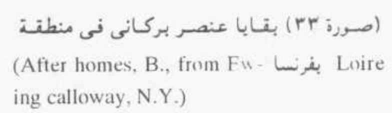


(شكل ٤٥) خريطة كنتورية لمخروط فوجى ياما البركانى (اليابان)

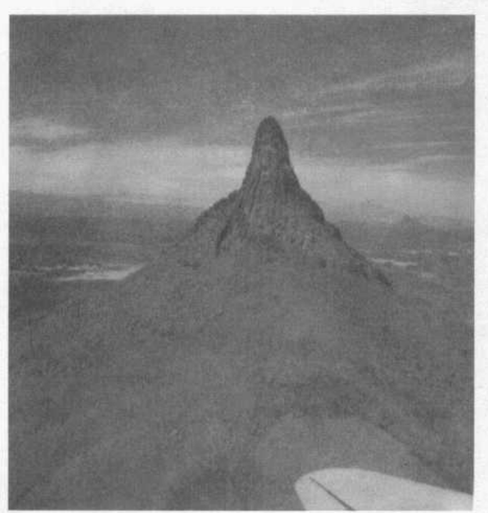


(شكل ٤٦) أنماط مختلفة من الهياكل البركانية (After Lobeck, A., 1939)





(صورة ٣٣) بقايا عنصر بركانى فى منطقة
Loire بفرنسا (After homes, B., from Ew-
ing calloway, N.Y.)



(صورة ٣٤) هيكل بركانى بالقرب من أوزو - ليبيا (After Pesce, A., 1968)



(٤) القباب البركانية Batholiths - Lacolithes

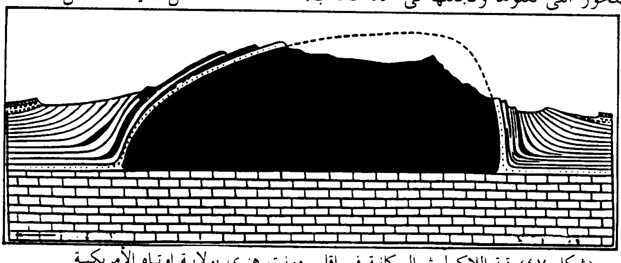
قباب صخرية تتكون من الصخور النارية، تنبثق إما بالقرب من سطح الأرض، ويطلق عليها فى هذه الحالة اسم الصخور المتداخلة Intrusive Rocks أو تنبثق هذه المصهورات من باطن الأرض وتظهر على سطح فتسمى فى هذه الحالة بالصخور السطحية Extrustive Rocks، ويرجع ظهور هذه الكتل على شكل قبابى بين الطبقات الصخرية إلى اندفاع المصهورات البركانية إلى أعلى بتأثير الضغط والحرارة العالية، وانصهار الصخور التى تمكنت من إزاحتها من طريقها، حيث تظهر عليها بعض آثار التحول الصخرى الحرارى، وتتخذ هذه القباب عده أشكال أهمها:

«أ» الكتل العميقة Batholiths

تتكون من المصهورات البركانية المندفعة من باطن الأرض فتعمل على تشكيل قباب شاهقة االإرتفاع، وتتعرض أعالى هذه القباب لفعل النحت بعوامل التعرية المختلفة.

«ب» الكتل الهلالية المحدبة (اللاكوليث) Lacolith

تتكون هذه القباب نتيجة اندفاع المصهورات البركانية بضغط شديد على طبقات الصخور التى تعلوها وتجعلها فى حالة تحدب، أما القاعدة فتظل أفقية الشكل.



(شكل ٤٧) قبة اللاكوليث البركانية فى اقليم مونت هنرى بولاية اوتاه الأمريكية

(جـ) الكتل الهلالية المقعرة (الفاكوليث) **Phacolith**

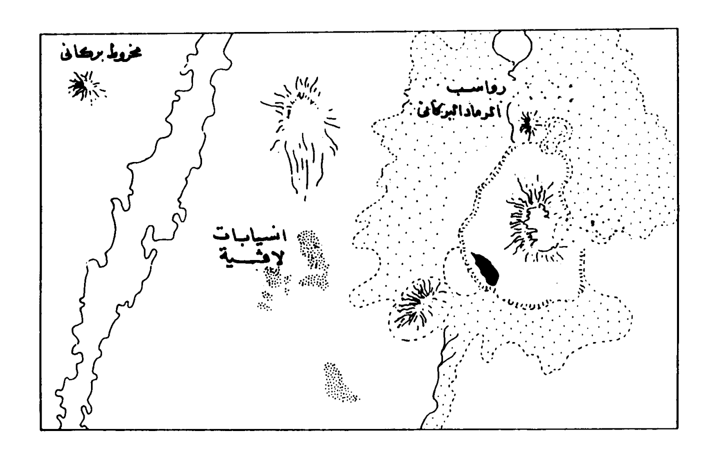
تعرف باسم الكتل الهلالية حيث تندفع المصهورات البركانية فى قمم وقيعان الألتواءات (الطيات) مكونة اشكالاً هلالية المظهر قد تنكشف نتيجة إزاحة الطبقات التى تعلوها بفعل عوامل التعرية.

(د) اللابوليث **Lapolith**

يطلق على هذه التداخلات اسم الكتل الوعائية، لأنها تشبه الوعاء فى طريقة تشكيلها، حيث يعمل الثقل الهائل للمصهورات البركانية على هبوط القاعدة الصخرية التى ترتكز عليها هذه المصهورات وتبدو كالوعاء المقعر الشكل، وتظهر على شكل حلقات من اللافا تمتد بينها طبقات من الصخور الأخرى.

(٥) انسيابات اللافا **Lava Flows**

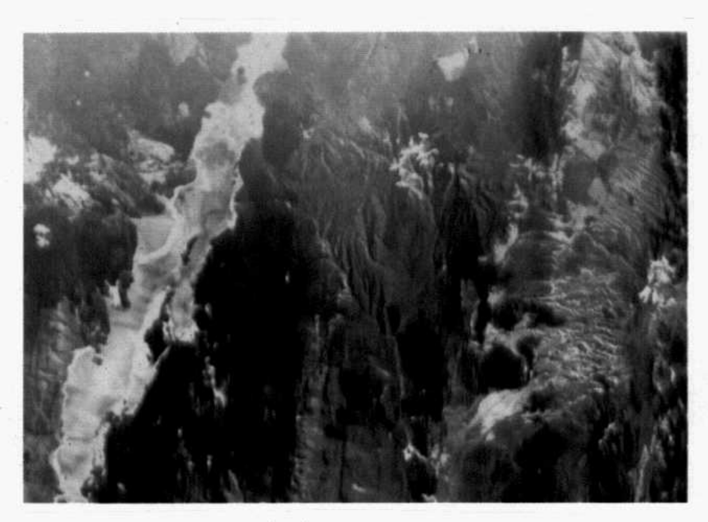
تتشكل انسيابات اللافا من انشاق المصهورات البركانية السائلة عبر خطوط الضعف الجيولوجى حتى تظهر على سطح الأرض، حيث تبرد بسرعة هائلة ولذا فهى عديمة البللورات، وقد ساعدت قلة لزوجة الإنسيابات السطحية على سيلانها كالماء، وافتراشها مساحات شاسعة من سطح الأرض، تصل فى بعض الأحيان لأكثر من ٢٠,٠٠٠ كم مربع جنوب شرق واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية، وبسمك يتعدى ٣,٠٠٠ متر. ومن أوضح الأمثلة للانسيابات اللافية فى وطننا العربى المنطقة البركانية الممتدة من غرب بحيرة طبريا فى فلسطين إلى جبل الدروز وحوران فى سوريا إلى وادى السرحان فى السعودية.



(شكل ٤٨) موقع المرئية الفضائية بصورة رقم ٣٦.



(صورة ٣٥) إنسيابات اللافا جنوب شرق واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية
(Institute of Geological sciences)



(صورة ٣٦) مرئية فضائية لحوض Cerro Galan البركانى، أحد أضخم النطاقات البركانية فى شمال غرب الأرجنتين، وتظهر بالصورة الإنسيابات اللافية بأشكالها المتباينة «لاندسات، ألوان غير حقيقية».
(After Francis, P., and Jones, P., 1985)

اشكــال النحت

أولاً : عمليات التجويـة.

ثانياً : أشكال النحت الناتجة عن حركة المواد على سفـوح المنحـدرات.

ثالثاً : النحت بالريـاح.

رابعاً : النحت بالميـاه.



اشكــال النحت

اولا : عمليــات التجويــة Weathering

(أ) أشكال التجوية الميكانيكيـة (الطبيعيـة)

Mechanical (Natural) weathering

يقصد بالتجوية الميكانيكية تفكك الصخر وتفتيته فى مكانه إلى جزيئات أصغر، دون أن تلحق بمكوناته المعدنية إية تغيرات، فالتجوية الطبيعية هى مجرد عملية إنتزاع قطعة من الصخر وجرشها أو سحقها وهى فى موضعها دون حركة.

(١) التقشر الصخرى Exfoliation

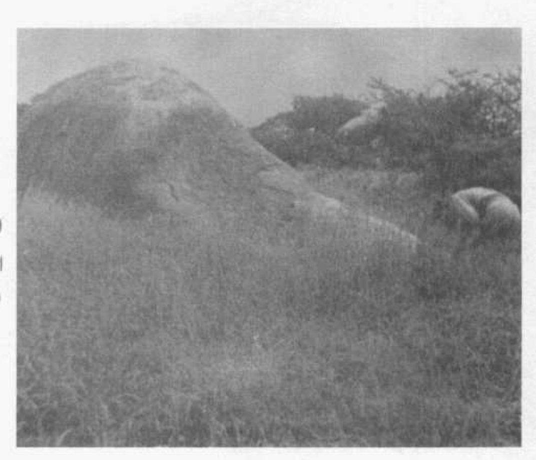
أصل مصطلح Exfoliation لاتينى، وهو يتألف من كلمتين هما Ex أى يخرج أو ينكشف و folia وتعنى أوراق النبات. وهى عبارة عن عملية إنفصال قشور أو صفائح رقيقه أوسميكة من أسطح الصخر، ويحدث عادة فى الصخور الجرانيتية وحجر الصوان، تحت تأثير ظروف إنزياح الضغط. ويطلق على هذه العملية تعبير التجوية الشريطيه Sheeting Weathering، أو التقشر البصلى Onion Weathering وذلك لتقشر الأسطح الخارجيه للصخر بما يشبه البصلة.

قباب التقشر Exfoliation Domes

قد تظهر الأجزاء الناتجة عن التقشر على شكل قباب Domes كروية الشكل أو بيضاوية، تتفاوت فى أحجامها من كتل الجلاميد إلى القباب الضخمة، وتنشأ عن وجود أنظمه المفاصل فى مسارات منحنية موازية للسطح الخارجى للكتلة الصخرية، ويتباين سمك هذه المفاصل بحسب العمق فى إتجاه باطن الكتلة الصخرية، فتكون متكاثفة فى شبكات متقاربة عند السطح، ويزداد تباعدها بالداخل، وتحت ظروف الإختلاف الكبير فى درجات الحرارة يضعف تماسك الشرائح الصخرية التى تحددها هذه المفاصل، فتنفصل عن جسم الكتلة الأم، واحدة تلو الأخرى، ويطلق عليها مصطلح قبة التقشر Exfoliation Dome (صلاح البحيرى، ١٩٧٩ «ب»).

(٢) المظهر العمدانى Tor - Columnar structure

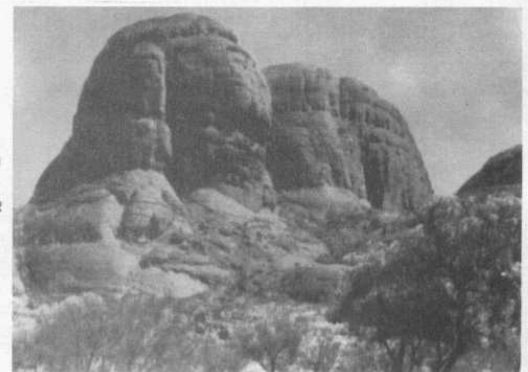
ينشأ عن تأثر الكتل الصخرية ذات النظم المتعامدة من الفواصل، فتعمل على توغل مؤثرات التباين الحرارى وعوامل التحلل الكيميائى بالمياه، وتتسع هذه الشقوق تدريجياً وتتحول فى النهاية إلى مجموعة من القوالب الصخرية المتراصة كقوالب الحجر، وقد تظهر أيضاً على شكل مجموعة من البيض Eggs المثبته فوق بعضها بإنتظام، نتيجة تأثر الصخر الأصلى بنظم مفصليه متعامدة،وتصنع معاً مجموعة من المستطيلات أو المكعبات، وتتقوس حوافها المدببة، ويطلق عليها تعبير جلاميد البيض أو جلاميد البيض الجرانيتى Egg - Shaped Granite Boulders



(صورة ٣٧) كتلة جرانيتية متأثرة بالتقشر الصخرى بهضبة تنزانيا
(After Money, D., 1974)



(صورة ٣٨) آثار التقشر الصخرى على كتلة جرانيتية بمنطقة سانت كاترين، كما تأثرت هذه الكتلة بأحد الفواصل الذى عمل على تكسرها إلى نصفين.



(صورة ٣٩) قباب جرانيتية تتعرض لفعل التقشر بالقرب من ريودى جانيرو بالبرازيل
(American Museum of Natural History)



(صورة ٤٠) شقوق وفواصل متعامدة تسهم فى تشكيل المظهر العمدانى بالغرب من سانت كاترين بجنوب سيناء.

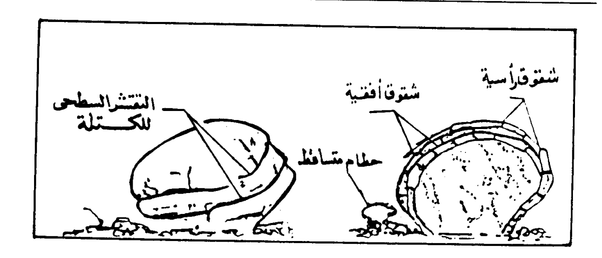


(صورة ٤١) كتل جلاميدية متراصة مكونة من بقايا جرانيتية، تشبه الأنف البشرى Bowerman's Nose فى منطقة Manaton(fox photos Ltd)

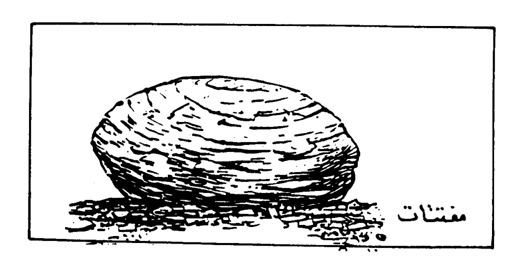
(صورة ٤٢) كتلة جلاميدية من الجرانيت تشبه البيض بولاية أريزونا الأمريكية (Fox Photos Ltd)



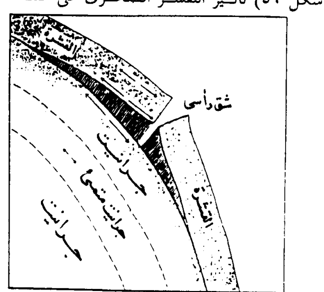




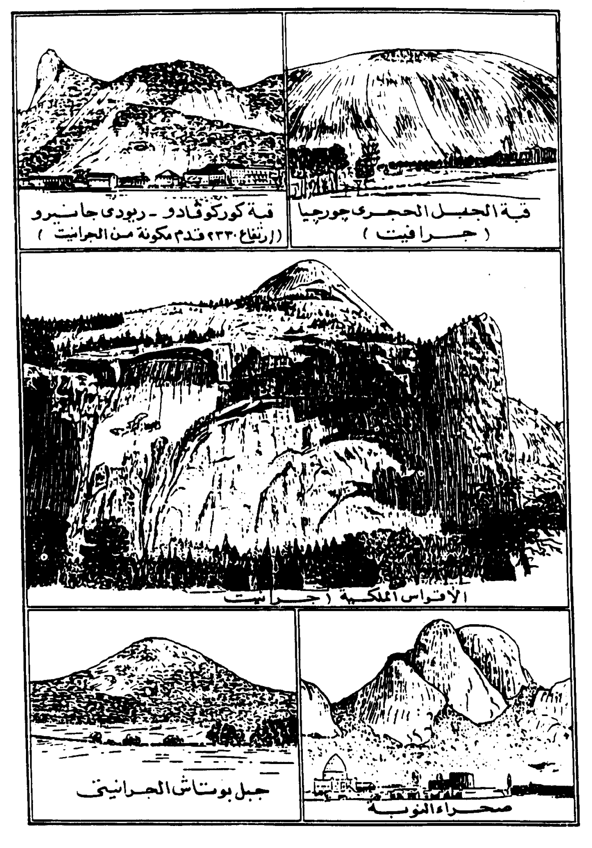
(شكل ٤٩) التجوية بفعل التقشر الصخرى



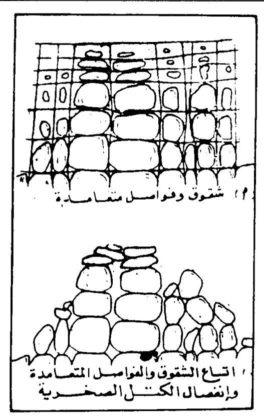
(شكل ٥٠) تأثير التقشر الصخرى على كتلة حجرية



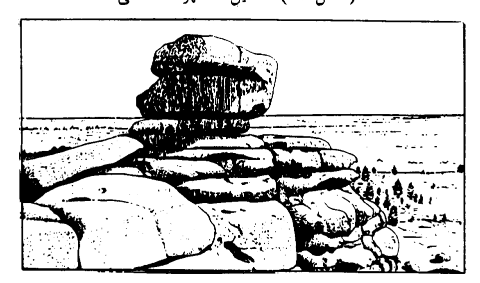
(شكل ٥١) انفصال القشرة الصخرية (مكبرة)



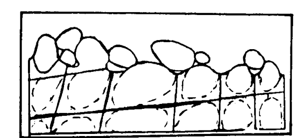
(شكل ٥٢) بعض أمثلة لقباب التقشر
(After Lobeck, A., 1939)



(شكل ٥٣) تشكيل المظهر العمدانى



(شكل ٥٤) تكوين المظهر العمدانى فى الجرانيت



(شكل ٥٥) تكوين الكتل البيضاوية

(٣) الأعمدة الرأسية Columnar sills

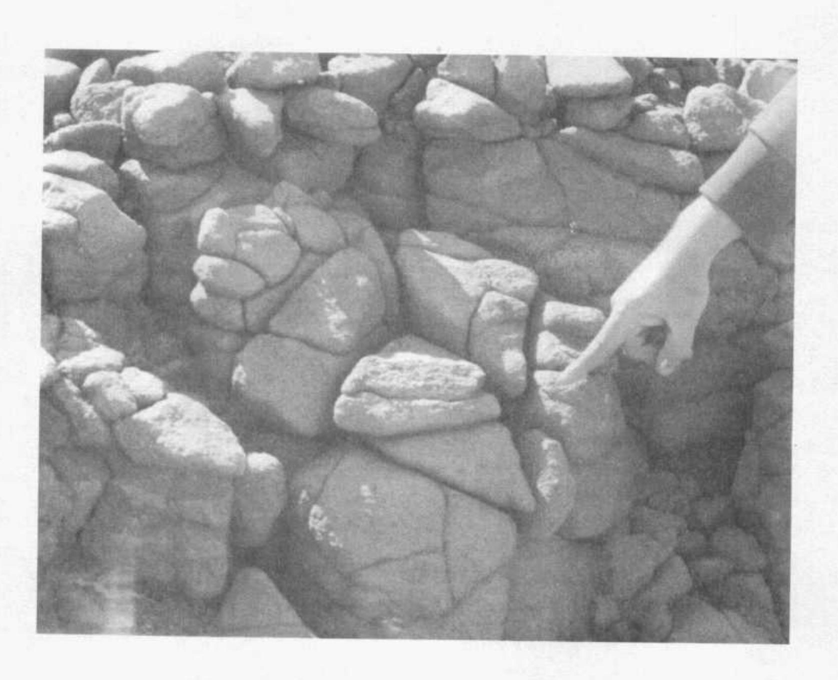
تشبه فى شكلها المظهر العمدانى، ولكنها تنشأ عن برودة العروق النارية Sills، وقد تبدو هذه الأعمدة على شكل ثلاثى أو رباعى أو سداسى الأوجه، ومن أوضح أمثلة هذه الأعمدة الأسوار الجانبية لنهر هدسون بالولايات المتحدة الأمريكية، والمعروفه بإسم الباليسيد The palisades، وتظهر على هيئة حافات رأسية عظمى تكونت من عرق نارى عظيم الإمتداد والسمك فى صخور العصر الترياسى، وتتألف من الدياباز Diabase والجابرو Gabbro (حسن أبو العينين، ١٩٦٨)، كما تظهر هذه الأعمدة فى منطقه كهف فينجالس Fingal's cave بنيوزيلندا، وفى صخور البازلت بمنطقه Giant بأيرلندا.



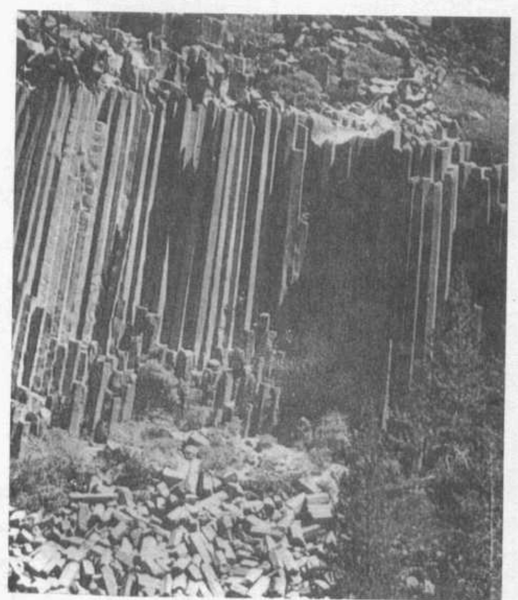
(شكل ٥٦) تكوين الأعمدة الرأسية

(٤) التفلق الصخرى Rock Shattering

تفلق أو إنفصال الكتل الصخرية إلى أجزاء أصغر حجماً، وتعزو هذه الظاهرة إلى إرتفاع حرارة هذه الكتل خلال أيام الصيف القائظة، فإذا ماتصادف هطول مطر زوبعى، يؤدى هذا إلى تبريد مفاجىء لأسطح هذه الكتل، فتنشطر إلى مجموعة من الكتل الأصغر حجماً، وهى بذلك أشبه بكتل الحديد الصلب التى إذا سخنت ثم بردت فجأة بالماء إعتراها التشقق والإنكسار.



(صورة ٤٣) تفلق صخرى فى الأحجار الرملية «تشبه فصوص الكلى» بمنطقة قارة الجندى - الصحراء الغربية المصرية.



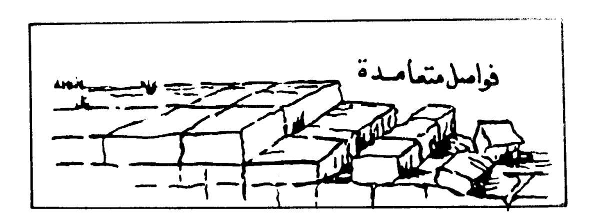
(صورة ٤٤) أعمدة رأسية سداسية فى صخور البازلت بأيرلندا
(Institute of Geoloical sciences)



(صورة ٤٥) شقوق سداسية فى صخور البازلت أدت إلى إنفصالها وتفككها إلى كتل برميلية كبيرة الحجم فى منطقة جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم.

(٥) التفكك الكتلى **Block Sparation**

تكسر جسم الصخر وإنقسامه إلى كتل على طول خطوط المفاصل وسطوح الإنفصال التى تمزق أجزاءه، والتى توجد عادة فى مجموعات مختلفة الإتجاهات، تتقاطع مع بعضها بزوايا شتى، وتعمل ظروف التجوية على توسيع هذه المفاصل، وتتفكك الكتلة الصخرية الأصلية تدريجياً، وتتأثر حوافها القائمة الشكل وتصبح ملساء ومقوسة لتعاود الكرة من جديد حتى تتحول إلى حطام من الجلاميد والحصى.



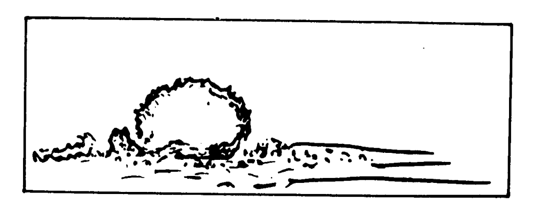
(شكل ٥٧) التفكك الكتلى

(٦) التفكك الحصوى (الحبيبى) **Granular Disintegration**

هى إنفراط أو تفصد Exudation أو تفكك حبيبات الأسطح الخارجيه من الصخر بإنفصال جزيئات حصوية من هذا السطح على شكل بللورات منفردة أو مجموعات متلاصقه منها. وتحدث عادة فى الصخور الجرانيتية عندما تنفرط جزيئاتها مكونه رواسب الأركوز Arkose وهى عبارة عن رمال خشنة تنتشر فى مناطق توافر هذه الصخور بالصحارى.

كما تتواجد هذه الظاهرة حيثما تتأثر الشقوق والفواصل الصخرية بتداخل بعض الحبيبات الملحية والثلجية، وتتحول إلى بللورات أكبر حجماً، فتنفصل بعض

الحصوات وتتساقط على جانبى الفاصل، نتيجه عملية الإحتكاك بين بللورات الثلج او الملح على الأسطح الداخلية للكتلة الصخرية. ويطلق تعبير حوض التفكك الحصوى Exudation Basin على المنخفضات والنتوءات الملساء، الناجمة عن إنفصال وإنفراط الحبيبات من جوانب الكتل الصخرية بتأثير بللورات الثلج، ويشيع هذا المصطلح فى العروض الباردة.



(شكل ٥٨) التفكك الحصوى (مكبرة)

(٧) التجوية الملحية Salt Weathering - Salt Fretting

تنشأ التجوية الملحية بسبب تداخل المياه المالحة فى النظم المفصلية بالمناطق الساحلية عادة، وعلى ضفاف بعض البحيرات المالحة، حيث تتسرب المياه وتتبخر، وتترك ذرات الملح داخل هذه الشقوق فتساعد على تفتيت بعض مكوناته، ويطلق تعبير وجبة الصخور Rock Meal على الفتات الناتج عن هذه العمليه. ولا يقتصر الأمر على التفتت الميكانيكى للصخر، ولكن تسهم عملية الإذابة الملحية Salt Solution فى التفاعل كيميائياً مع مكونات الصخر القابلة للإذابة فى المحاليل الملحية، إلى جانب الفعل الهيدروليكى الناتج عن ضغط بللورات الملح، الذى تتوقف قوته على المعادلة الأتية:

$$ض_{س} - ض_{م} = \frac{ق}{ح}$$

حيث ض س هو الضغط الناشيء عن البللورات الملحية الصلبة.

وض م هو الضغط الناشيء عن المحلول الملحي السائل.

وق قوة الضغط الناشئة على صخور جوانب الشق أوالفاصل

وح قيمة الزيادة في حجم البللورات الملحية

(Lewis and Randall, 1961)

(٨) التجوية الميكانيكية بالكائنات الحيـة Bio Mechanical Weathering

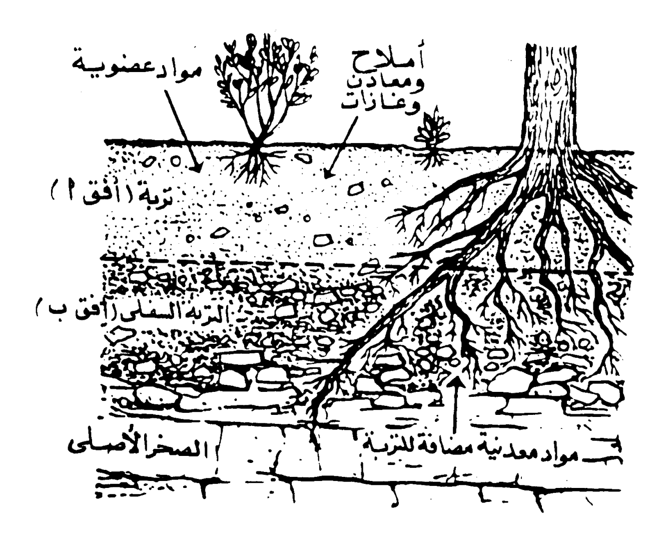
تقـوم الكائنـات الحيـة بـدور لايستهـان بـه فى تفكك صخـور القشرة الأرضيـة، فالأشجار تضرب بجذورها فى الشقوق سعياً وراء ما هنالك من تربة هزيلة ورطوبة، فهى بذلك تقوم بتوسيع المفاصل، وفى النهاية تنفصل الكتـل الصخريـة وتقتلـع مـن مواضعها. وأيضاً هناك بعض الحيوانـات الأرضيـة مثـل الجـرذان والأرانب والفئران، والحشرات تحفر مآويهـا فى باطـن الأرض، فتساعـد على تفتيت الصخـر وإضعافـه، كما تعمل سراطين البحر على تفكيك الصخور بدخولها للشقوق والفواصل، وتنبش الخفافيش فى أسقف الكهوف وتعمـل على تفتيت مكوناتهـا.

(٩) روابى وتلال النمـل الأبيض Termitaria

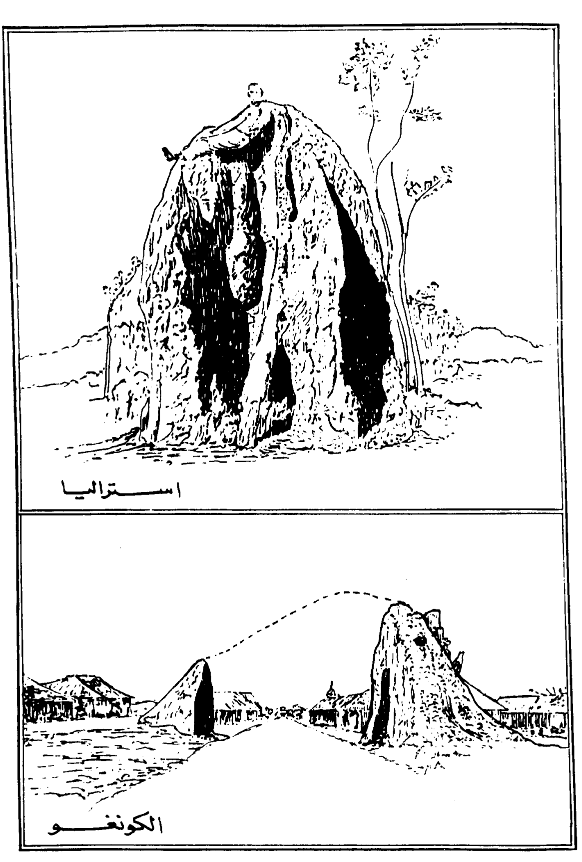
(Termite Mounds - Termite Hills)

تبدو روابى النمل الأبيض كتلال مسحوبة القمة ومتسعة القاعدة، يصل إرتفاعهـا لنحـو ٢٥ قـدم، تنتشر فى إفريقيـا الإستوائيـة والصحـارى الإستراليـة. ويقـوم النمـل الأبيض White Ants ببناء هذه التلال ليتخذها كمساكـن تأويـه، حيث يقـوم بفـرز وتصنيف المواد الرسوبية ومفتتات التربة الدقيقة الحجم، التى لاتزيـد أقطـار حبيباتهـا

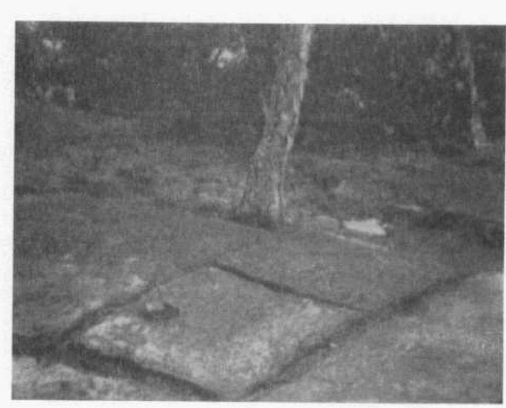
عن الملليمتر الواحد، ويعمل على تجميعها فى كومات، ويفرز عليها بعض المواد اللاحمة من جسده، ليبنى تلالاً بيضاء اللون تصمد كثيراً أمام غزوات عوامل التعرية، لدرجة إضطر أمامها الإنسان لإزالتها بإستخدام المفرقعات عند تمهيد مواقع بعض المنشئات فى استراليا.



(شكل ٥٩) التجوية الميكانيكية والكيميائية بجذور الأشجار



(شكل ٦٠) روابى النمل الأبيض «التيرميتاريا»
(After Lobeck, A., 1939)



(صورة ٤٦) تداخل جذور الأشجار بالفواصل الصخرية ومساهمتها فى توسيع هذه الفواصل.
(After Strahler, A.N., 1968)



(صورة ٤٧) ربوة قام ببنائها النمل الأبيض قرب مدينة بورت دارون فى استراليا.
(U.S. Department of Agriculture)

(ب) التجوية الكيميائية Chemical Weathering

التجوية الكيميائية عبارة عن تفاعل أو تأثر مكونات الصخر المعدنيه بالماء أو بخاره أو أحد العناصر الجوية، فتتحول مكونات الصخر أو بعضها إلى تراكيب جديدة تختلف عن المادة الأصلية، وتتم هذه العملية فى موضع الصخر ودون أيه حركة.

(أ) عمليات التجوية الكيميائية Chemical Weathering Processes

١- عملية الإذابة **Solution**

عند تجمع المياه فى الحفر والنتوءات والمنخفضات التى ترصع سطح الأرض. تبدأ المياه فى التسرب عبر أسطح الإنفصال الطبقى ونظم المفاصل وخطوط الضعف الجيولوجى الأخرى، حيث يبدأ تأثير إذابة التكوينات القابلة للذوبان فى المياه، وخاصة الملح الصخرى (الهاليت) والأحجار الجيرية بسبب قابلية كربونات الكالسيوم للذوبان بالماء الحامضى «يبلغ معدل حموضة Ph. R. مياه الأمطار الرقم ٧»

٢- عملية التميؤ (الهدرجة) **Hydration**

إتحاد الماء أو بخاره بأحد العناصر التى يتألف منها الصخر، وينشأ عن هذا الإتحاد عنصر آخر أضعف تماسكاً من العنصر الأصلى، مما يؤدى إلى إضعافه، مثل تحول الفلسبار فى الصخور الجرانيتية إلى طين الكاولين Kaolin، ومعدن إنهيدريت (كبريتات الكالسيوم اللامائية) إلى جبس (كبريتات كالسيوم مائيه). كما تتأثر بعض أنواع الحجر الرملى المحتوية على الميكا بإتحادها بالماء وتتساقط حبيباتها أسرع من حبيبات الكوارتز، وهناك بعض المعادن تكبر أحجامها عند إتحادها بالماء، فيترتب على ذلك زيادة عدد سطوحها الخارجيه، بينما تظل كتلتها الداخلية ثابته، مما يساعد على إنفصال قشورها.

٣- عملية الأكسدة Oxidation - Oxidization

تفاعل الأكسجين الجوى مع أحد معادن الصخر وتحوله إلى أكسيده، وتكثر هذه العملية فى الصخور المحتوية على مكونات حديدية وخاصة إذا كانت بمعزل عن الهواء الجوى، وحينما تتعرض للمؤثرات الجوية يتحد فلز الحديد بالماء والأكسجين، فيتحول لونه من الأزرق أو الرمادى إلى اللون الأحمر أو البنى، وبالطبع تعد أكاسيد الحديد أقل صلابة من الفلز نفسه.

٤- عملية الكربنة Carbonation - Carbonization

حينما يهطل المطر يحمل معه جزءاً من ثانى أكسيد الكربون الجوى، فيكون نوعاً من حامض الكربونيك المخفف، الذى تضعف أمامه المواد الكلسية وتتحول هذه المواد إلى بيكربونات كالسيوم التى تتميز بدورها بقابليتها الشديدة للإذابة فى الماء، أى أن هذه العملية تكون ملازمة لعملية الإذابة Solution وتبدو أوضح ما تكون فى المناطق الرطبة والساحلية وخاصة على طول أنظمه الفواصل الصخرية.

مياه الأمطار	+	ثانى أكسيد الكربون	تساقط	حامض كربونيك مخفف
حامض كربونيك مخفف	+	كربونات كالسيوم	كربنه	بيكربونات كالسيوم
بيكربونات كالسيوم	+	ماء	إذابة	رواسب جيرية وشوائب ناتجة عن التجوية الكارستيه

(ب) أشكال التجوية الكيميائية Chemical Weathering landforms

(١) تجوية الرطوبة والجفاف Wetting and Drying Weathering

تتعرض المناطق الساحلية للغمر والإنكشاف المتوالى بتأثير الأمواج وتيارات المد والجزر، فحيثما تتعرض الصخور للبلل والجفاف بصورة متتابعة يومياً تضعف

مكوناتها القابلة للتحلل بالمياه، وخاصة الصخور المحتوية على نسبة كبيره من المعادن الصلصالية. وهذه العملية تكون ملازمة عادة للتجوية الملحية Salt weathering. ولكن يتوقف عملها فى الصخور التى تظل مبللة بصفه دائمة (جوده، ١٩٨٩، «أ»).

(٢) طلاء الصحراء **Desert Varnish**

يطلق عليها أحياناً الأرصفة الصحراوية Desert Pavement أو درع الصحراء Desert Armor، وهى عبارة عن طبقة سطحية متماسكة شديدة الإستواء، وتتشكل من تصاعد المياه المتسربة من باطن الأرض إلى السطح مرة أخرى بالخاصية الشعرية، حاملة معها الأملاح الذائبة كمحاليل مركزة، تنقل معها المواد الملحية أو الكلسية فتعمل على شدة تماسك الطبقة الرقيقة السطيحة. وغالباً ما تكتسب هذه القطرات الصلبة ألواناً فاتحة تتألف من رواسب أكاسيد الحديد والمغنسيوم.

(٣) التجوية البيضاوية (الكروية) **Spheroidal weathering**

تشبه فى مظهرها عمليات التورق الصخرى التى تحدث فى التقشر Exfoliation، وتبدو الأسطح الخارجية للصخر مشابهة للمظهر البصلى، ولكن تحت تأثير العمليات الكيميائية المتغايرة Chemical Alteration وخاصة فعل الإذابة بالمياه، وتحدث هذه الظاهرة فى الكتل الصخرية الجرانيتية بوجه خاص والدولوميت والبازلت وأيضاً الأحجار الرملية.

وتنتشر كتل الجلاميد الناتجة عن التجوية البيضاوية القديمه (الحفرية) إبان فترات المطر البلايوستوسينى، وقد ميز (Barton, 1938, P. 111) بعض الجلاميد البيضاوى الجرانيتى فى الصحارى المصرية وأرجع نشأته إلى فترة تتراوح بين ٢٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ سنة مضت، وتشكل تحت تأثير الظروف المناخيه الرطبه فى المناطق الصحراوية الحالية المتاخمة لأسوان، كما ميز الباحث عدد من كتل الجلاميد الكروية بمنطقة جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم.

(٤) التلال المخروطية (أقماع السكر) Sugarloaves

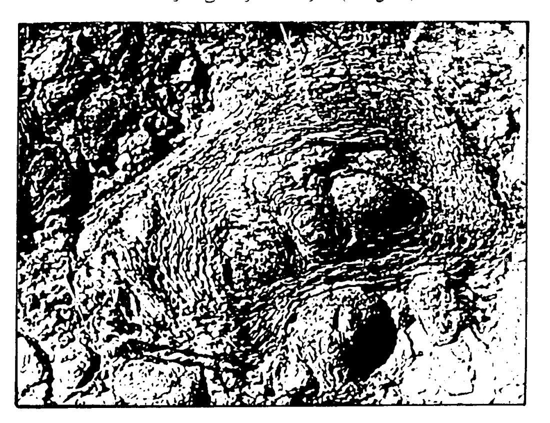
أطلق هذا المصطلح لأول مرة على بعض القباب الجرانيتية بمنطقة Rio على الساحل الشرقى للبرازيل، ثم شاع فيما بعد بالولايات المتحدة الأمريكية وخاصة بولايتى جورجيا وكارولينا الشمالية.

وتبدو هذه القباب المخروطية كتلال منعزلة Inselberges تتألف من صخور الجرانيت وتتميز بتقعر منحدراتها، وتنتشر على سطوحها الحفر pits والنتوءات والتكهفات Caves وتتخدد بالثلوم والحذوذ Grooves - Gutters

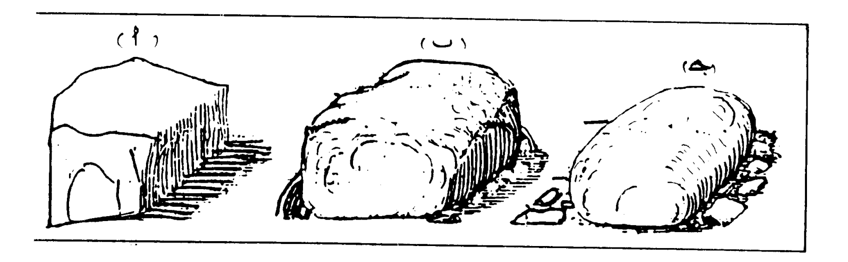
وتنشأ أقماع السكر فى بداية الأمر بإنفصال الكتلة الصخرية الجرانيتية عبرخطوط الضعف Lineaments وتظهر على شكل كتلة مكعبة أو مستطيله تقاوم عوامل التعرية بالمقارنة بالأجزاء المجاورة لها، إلا أن جوانبها وهوامشها سرعان ما تستجيب لعوامل الوهن والضعف وتتحول إلى شكل شبه كروى أو بيضاوى Spheroidal على حين تزال الأجزاء المتاخمة لها تماماً، وتبدو ككتلة بيضاوية منعزلة، وتتأثر حوافها بعملية التميؤ Hydration حيث تتحد الفلسبارات ببخار الماء وتتأكسد المعادن الحديدية – المغنيسية التى تدخل فى تركيب الجرانيت، ويتبقى الكاولين المحتوى على حبيبات الكوراتز صامداً أمام عوامل التحلل.



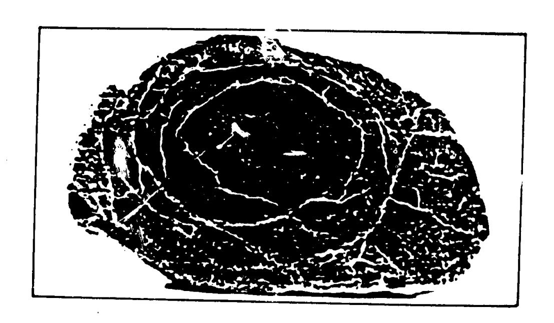
(شكل ٦١) تجوية بيضاوية في البازلت



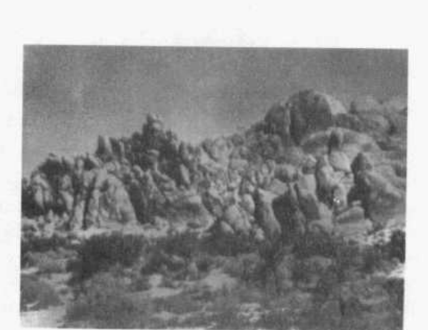
(شكل ٦٢) كتل الدياباز البيضاوية بالنطاق الساحلي جنوب كاليفورنيا



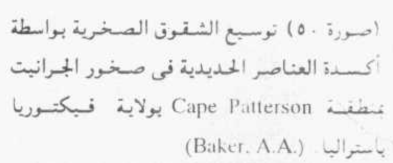
(شكل ٦٣) تأثير عمليات التجوية فى تعديل شكل الكتـل الصخريـة إلى المظهـر البيضاوى



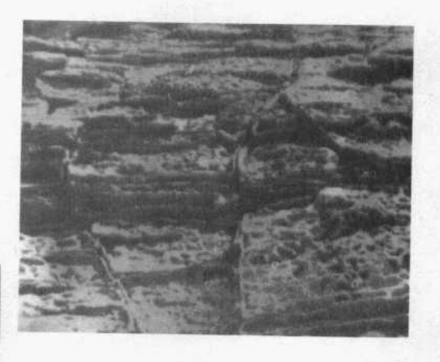
(شكل ٦٤) كتلة صخرية من الدياباز متأثرة بالتجوية البيضاويـة (سيرانيفـادا)



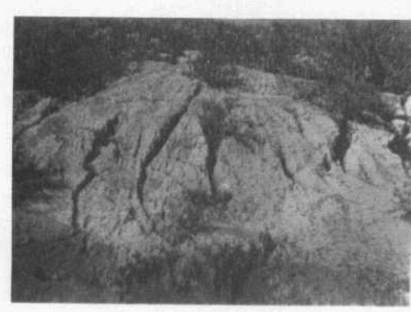
(صورة ٤٨) آثار عملية الإذابة تبدو واضحة على تكوينات الحجر الجيرى بوادى الأربعين فى جنوب سيناء.



(صورة ٤٩) آثار عملية الهدرجة فى الأحجار الرملية
(U.S Forest service).



(صورة ٥٠) توسيع الشقوق الصخرية بواسطة أكسدة العناصر الحديدية فى صخور الجرانيت بمنطقة Cape Patterson بولاية فيكتوريا باستراليا (Baker, A.A.)



(صورة ٥١) عملية الكربنة بمياه الأمطار وتأثيرها على توسيع الفواصل
(U.S.Forest service)



(٥) تكهفات التجوية (التافونى) Cavernous Weathering (Tafoni - Tafone)

أصل المصطلح إيطالى Tafone ثم حُرف إلى Tafoni باللغة الفرنسيه (بجزيرة كورسيكا)، ويطلق تعبير تافونى على الكهوف الصغيرة الحجم الناتجة عن فعل التجوية الكيميائية، وتحدث فى الصخور الجرانيتية الخشنة، كما تتأثر الأحجار الرملية والجيرية والشيست بهذه التكهفات التى تتراوح أبعادها من بضعة ديسمترات وقد تصل أعماقها أحياناً إلى المتر الكامل، وهى حفر كروية الشكل مجوفه من الداخل وتشبه إلى حد ما «خوذة الجندى»، وتتميز أسطحها الداخلية بصقلها وتقوسها. ويطلق تعبير «جانب التافونى» Side of Tafoni على الأوجه الداخلية المجوفة لهذه التكهفات، وتسمى الأوجه الخارجية للكتل الجلاميدية التى لم تتأثر بفعل التجوية الكيميائية «بقاعدة التافونى» Basal Tafoni، وتبدو تكهفات التافونى على شكل قباب التقشر ولكنها مجوفه ومعكوسة، ويطلق عليها أحياناً تعبير «التقشر السلبى» Negative Exfoliation، وتحدث هذه الظاهرة بالمناطق التى تتمتع بتغيرات حادة فى درجات الحرارة بالإضافة إلى هبوب رياح قوية قادرة على إزالة المواد المتحللة من داخل هذه التجاويف.

وتنتشر هذه الظاهرة فى الأقاليم المدارية وشبه المدارية وشبه الجافة، حيث لوحظت بمناطق متفرقه من جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية وصحراء غرب الأرجنتين، وإقليم ناميبيا وأجزاء من تنجانيقا، وقرب كردفان بالسوادن وغرب استراليا، كما ميزها الباحث فى منطقة سانت كاترين بشبه جزيرة سيناء، متشكلة فى الصخور الجرانيتية بجبل الشيخ.

(شكل ٦٥) تكهفات التافونى

(٦) تجوية خلايا النحل

Honey Comb Weathering (Alveolar Weathering)

تتشابه تجوية خلايا النحل مع تكهفات التافونى من حيث عامل النشأة، إذ أن كلاهما ينشأ عن الإذابة بفعل المياه لبعض معادن الصخر فى ظل ظروف التباين الحرارى، إلا إنها تختلف فى مظهرها المورفولوجى، إذ تبدو كنتوءات وحفر سداسية الشكل، تتميز بإنتظام وتماثل أشكالها، ولايتعدى طول ضلعها أكثر من بضعة سنتيمترات، وتنتشر بالنطاقات الساحلية المتأثره بتيارات المد والجزر، حيث تطغى مياه البحر على سطح الأرض، فتتسرب المياه وتعمل على تحلل وإذابه مكوناتها، إلى أن تأتى الرياح فتزيل نواتجها وتترك السطح عارياً، ترصعه بعض الحفر السداسية، ولوحظ إنتشار حفر خلايا النحل على طول سواحل Otway بفيكتوريا غربى استراليا.

(٧) التجوية العضوية Organic Weathering

قد تحدث عمليات التجوية الكيميائية نتيجه التفاعل بين نواتج تحلل المواد العضوية النباتية والحيوانية أوالفضلات البشريه والحيوانية، وبين بعض أنواع صخور القشرة الأرضيه (جوده، ١٩٨٩ ، «أ») مثل:-

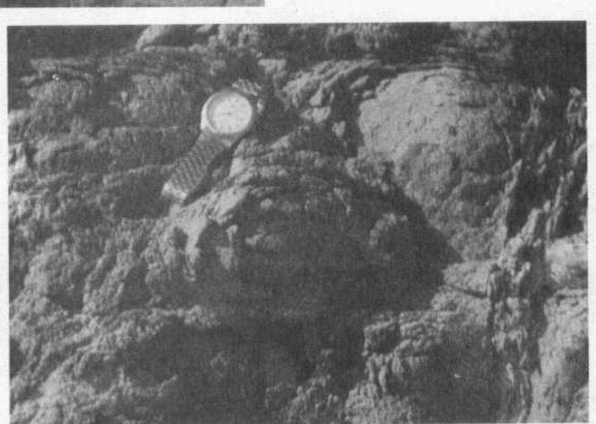
١- تفرز أوراق وسيقان النبات المتحللة بعض المركبات العضوية القادرة على غزو المعادن الكربونية الموجودة بالصخور النارية والمتحوله، كما تتفاعل أيضاً مع المواد اللاحمة لبعض الصخور الرسوبية، ويتخلف عن هذه التفاعلات مواد رسوبية تستطيع أن تتفاعل بدورها مع بعض المكونات الأرضية.

٢- تفاعل الفضلات البشرية والحيوانية وروث الطيور وذرق الحشرات مع عناصر القشرة الأرضية.

٣- يساعد ثانى أكسيد الكربون الذى تفرزه الحشرات والنباتات على تحلل التكوينات الجيرية.



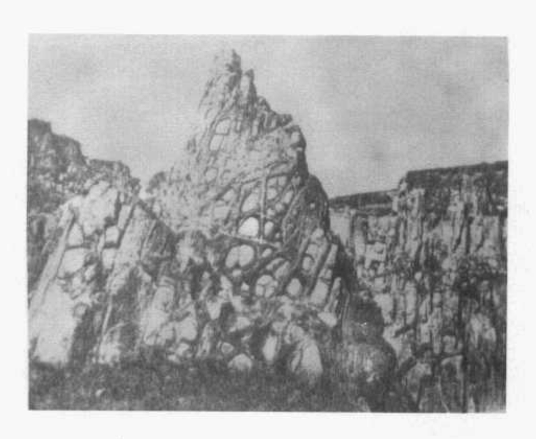
(صورة ٥٢) تجوية الرطوبة والجفاف فى الأحجار الجيرية الميوسينية بمنطقه عجيبة غربى مرسى مطروح .



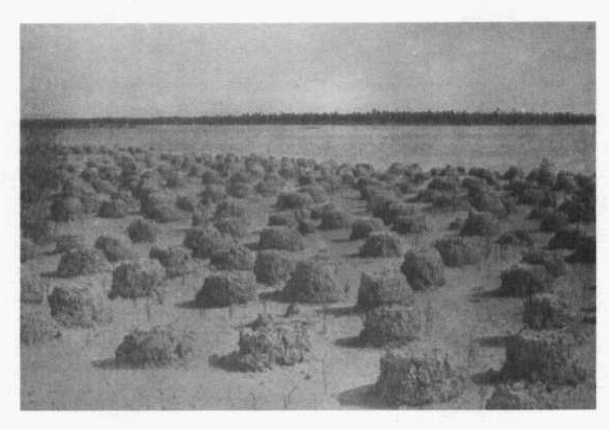
(صورة ٥٣) كتل الجلاميد الكروية بمنطقة جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم.



(صورة ٥٤) كتل جرانيتية بيضاوية بوادى فيران- جنوب سيناء.



(صورة ٥٥) تآكل صخور الدولوريت بمنطقة North Queens ferry بدرجة أسرع من المادة اللاحمة وتشكيل بعض النتوءات ذات الأشكال الهندسية تشبه خلايا النحل
(Institute of Geological sciences)



(صورة ٥٦) أعشاش طيور البشاروش جنوبي جزيرة أندروس - الباهاما.
(American Museum on Natural History)

(ج) الأشكال المتبقية عن عمليات التجوية

Residual Features of Weathering

١ – مستوى التجوية القاعدى Weathering Basal Surface

مستوى التجوية القاعدى هو أقصى عمق يمكن أن تصل إليه مؤثرات الضعف الناجمة عن فعل التجوية، أى الحد الفاصل بين المواد المجواه والأساس الصخرى، وهو عادة ما يبدو وعراً وتظهر به المنخفضات والمرتفعات، ويتحدد عمق هذا المستوى بعدة عوامل أهمها:

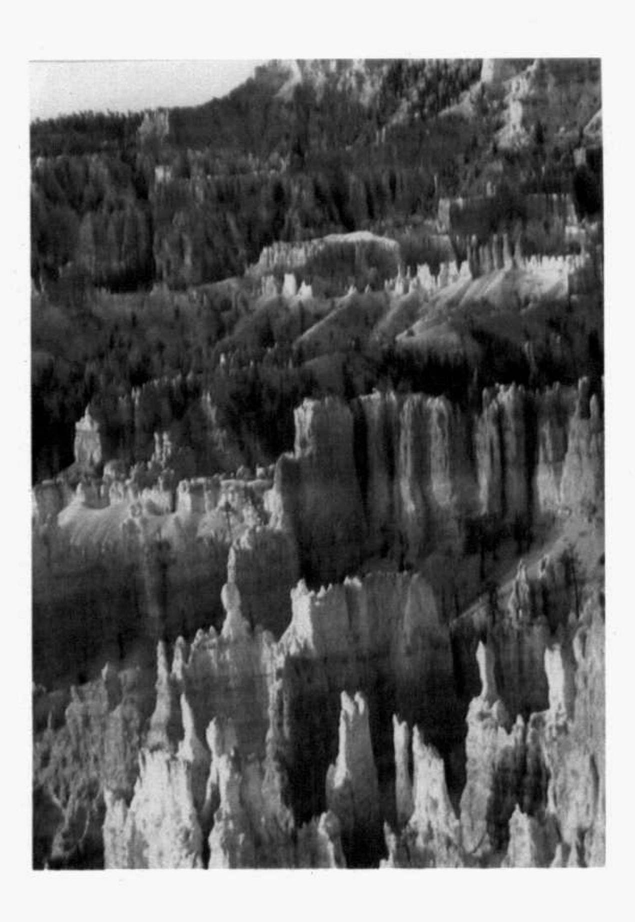
١ – نوع الصخر ومدى مقاومته لعوامل التفكك والتحلل.
٢ – طبيعة البناء الصخرى ومدى تأثره بالنظم المفصلية.
٣ – المناخ ويشمل طبيعة الإشعاع الشمسى ونظام التساقط وكميته.
٤ – درجة إنحدار سطح الأرض.
٥ – نوع الغطاء النباتى.

وكلما إشتدت بواطن الضعف بالصخر وإزداد تأثره بالنظم الخطية يصبح فريسة سهلة أمام غزوات التجوية، وتتسرب المياه إلى أعماق أكبر، ويكون أكثر تأثراً بالتباين الحرارى، خاصة بالأجزاء العارية من الغطاء النباتى وركامات المواد المجواه، وتظهر الأجزاء البارزه من مستوى التجوية على شكل كتل صخرية صلدة وتلال متبقية تعرف بأحجار القلب Core stone.

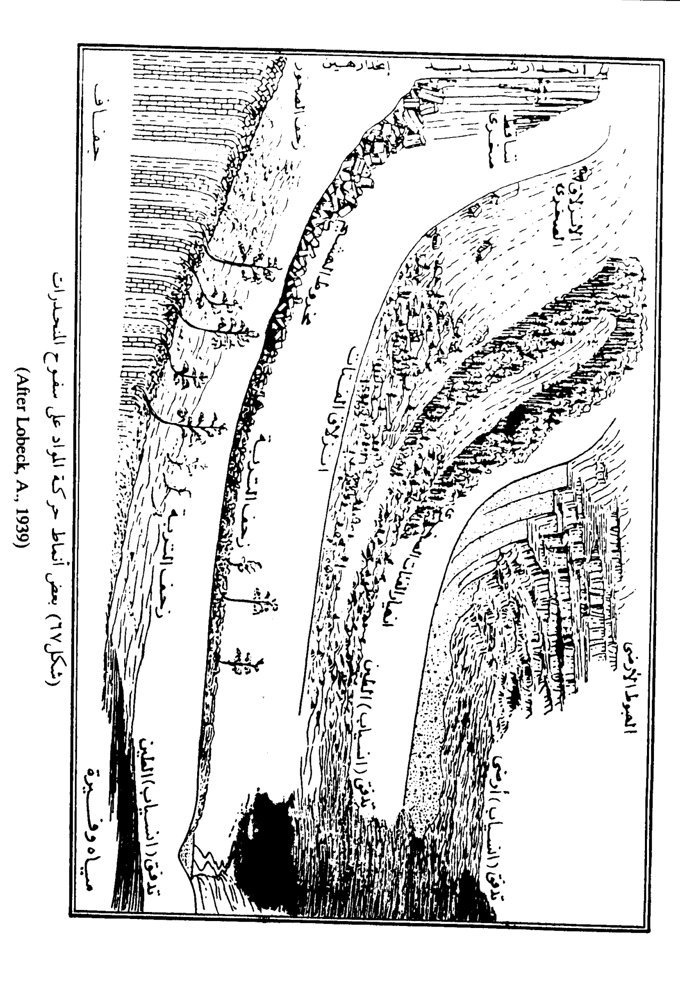


(شكل ٦٦) مستوى التجوية القاعدى





(صورة ٥٧) تدرج الألوان على مستويات التجوية المختلفة تبعاً لتباين مناسيب الماء الباطنى، منطقة خانق Bryce بولاية أوتاه الأمريكية.
(After Hardy, A.v., and Monkhouse, F.J, 1966)



(شكل ٦٧) بعض أنماط حركة المواد على سفوح المنحدرات

(After Lobeck, A., 1939)

أنماط حركة المواد على سفوح المنحدرات[(١)]

السقوط (التساقط)	الإنزلاق	التدفق (الإنسياب)	الزحف	الهبوط
	رطب-جاف شبه متجمد	تدفق جاف:	رطب - جاف شبه متجمد	رطب-جاف شبه متجمد
١-التساقط الصخرى ٢- تساقط التربة ٣-تساقط الفتات ٤-إنهيار المفتتات	١-إنزلاق الصخور ٢-إنزلاق الحصى ٣-الإنزلاق الأرضى	١-تدفق صخرى ٢-تدفق الركام ٣-نهر صخرى ٤-تدفق تربة(طين-لوس-رمل) ٥-تدفق فتات (تدفق الحصى) تدفق رطب: ١-تدفق التربة ٢-تدفق الطين ٣-التدفق الأرضى ٤-تدفق الفتات تدفق شبه متجمد (فى العروض الباردة): ١-تدفق صخرى ٢-إنزلاق التربة	١-زحف الصخور ٢-زحف المفتتات ٣-زحف الركام ٤-زحف التربة	١-الهبوط الصخرى ٢-هبوط التربة ٣-الهبوط الأرضى

لاحظ أن التربة: لايقل حجم حبيباتها عن ٠,٠٧٩مـم

الفتتات: خليط من حطام الصخور والتربة ويتراوح حجم حبيباته بين ٠,٠٧٩ إلى ٢مم.

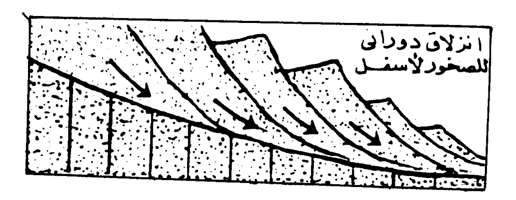
---

(١) After: Savage, C. N., 1951.

بعض نماذج لأشكال حركة المواد على سفوح المنحدرات المسببه للنحت

(١) زحف التربة Soil Creep

يعد زحف التربة من أكثر أشكال حركة المواد بالجاذبية الأرضية شيوعاً، وهو عبارة عن حركة بطيئة تحدث على المنحدرات الهينة سواء للمفتتات أو التربة، وتنتشر في المناخات المعتدلة والمدارية. ويمكن ملاحظتها بالعديد من الشواهد مثل: ميل أعمدة التلغراف والأسوار وجزوع الأشجار بسبب دفعها بتراكم هذه الرواسب عليها.



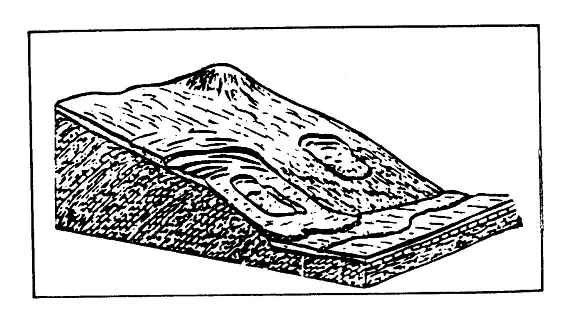
(شكل ٦٨) شواهد زحف التربة

(٢) زحف الصخور Rock Creep

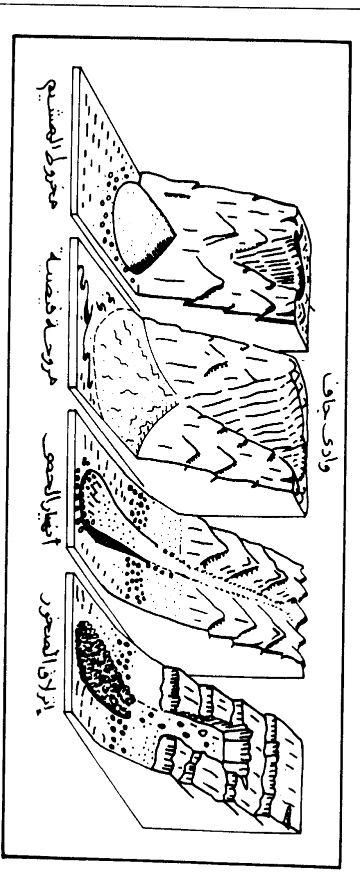
تحدث عملية الزحف الصخرى عادة فى المناطق التى تتشكل من الأحجار الرملية والكونجلوميرات، خاصة إذا كانت متأثرة بنظم الفواصل المتعامدة شديدة التكاثف، والتى تسهم فى إضعاف الصخر وسهولة تفككه، وتتحرك هذه الكتل الصخرية على منحدرات صخرية مصقولة.

(٣) التدفق الأرضى والتدفق الطينى Earth Flow and Mud Flow

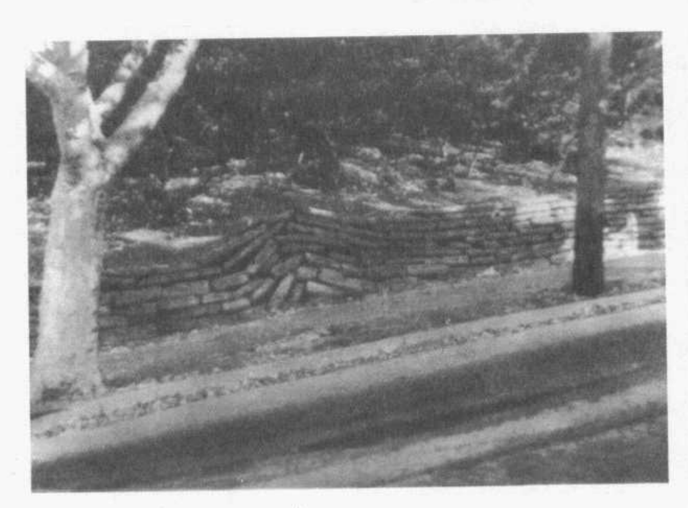
يطلق على هذه العمليّة أحياناً تعبير الإنسياب الأرضى، وهى تعد من أنماط الحركة السريعة، وهو يرتبط بحركة المواد الرطبة ولكن تتميز التدفقات الأرضية بضعف إنحدار سفوحها بالمقارنة بالتدفقات الطينية التى تتطلب منحدرات أشد، وتحتوى موادها الطينيه على كميات أكبر من المياه، وهى تنتشر بالمناطق ذات الأمطار الغزيرة، فتسبب تحرك طبقة سميكة من الطين الخالى من الكساء النباتى من إرتفاع يناهز الكيلومتر الكامل ولمسافات قد تصل إلى عشرات الكيلومترات.



(شكل ٦٩) مجسم يوضح إنزلاق التربة



(شكل ٧٠) بعض أشكال حركة الصخور والفتات والرواسب على المنحدرات.



(صورة ٥٨) سياج حجرى متأثر بزحف التربة



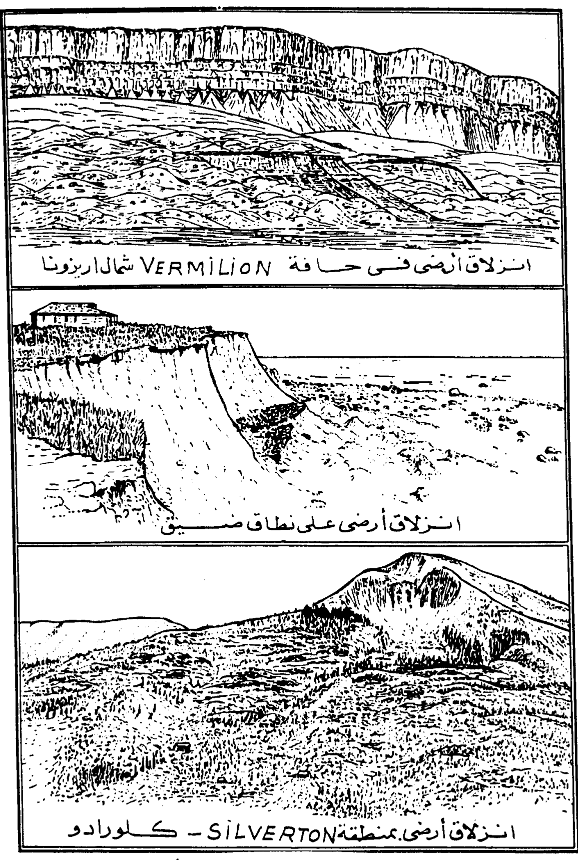
(صورة ٥٩) تدفق طينى حدث عام ١٩٣٠ بمنطقة خانق Parrish بولاية أوتاه الأمريكية
(United state forest service)

(٤) الإنزلاق الأرضى Landslides

احدى عمليات حركة المواد السريعة على سفوح المنحدرات، وهى تحدث بصورة فجائية على الرغم من عدم تشبع موادها بالمياه، ولكن يتوقف تعرض الحافات الصخرية لعملية الإنزلاق على عدة شروط هى:-

١ - تعاقب صخور صلبه منفذة للمياه فوق طبقة سميكة من الصخور الطينية والصلصالية.
٢ - ميل الطبقات فى إتجاه المنحدر.
٣ - تشبع الطبقة الطينية بالمياه سواء المتسربة من الطبقة المنفذة العليا أو تحت سطحياً.
٤ - ندرة الغطاء النباتى الذى يعوق عملية الإنزلاق.
٥ - شدة إنحدار الحافة (أكثر من ٣٠ درجة).

وينتج عن تراكم المواد المنزلقة تشكيل مجموعة من الحواجز يتفق عددها مع عدد مرات تراجع الحافة، كما تبدو الحافات المتأثرة بالإنزلاق على شكل أقواس تشبه نعل الفرس Horse - Shoe وتتراكم أسفلها حواجز الإنزلاق Slide Ridges.



(شكل ٧١) بعض نماذج للإنزلاق الأرضى

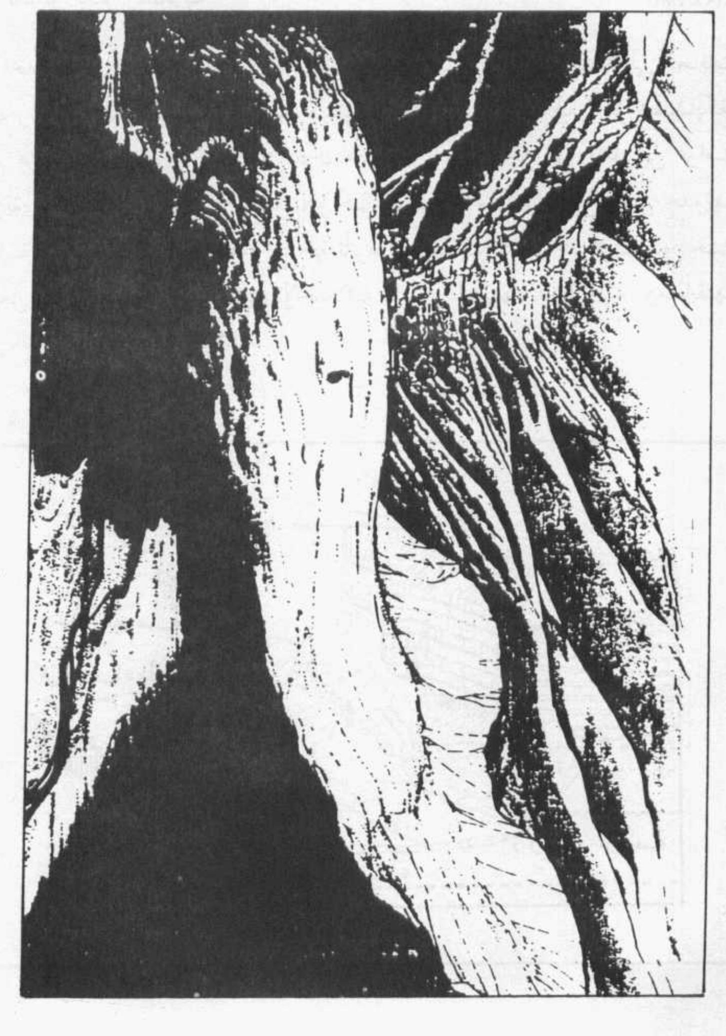
(After Lobeck., A., 1939)



(صورة ٦٠ . ٦١) إنزلاق أرضى فى منطقة Hope فى كلومبيا البريطانية بكندا، حدث فى ٨ يناير ١٩٥٦،
إنزلق خلالها نحو ٤٧ مليون متر ٣ من الحطام الصخرى من إرتفاع ٦٠٠ متر وبسرعة ١٦٠كم/ ساعة
(AfterShelton, I.S., 1966)



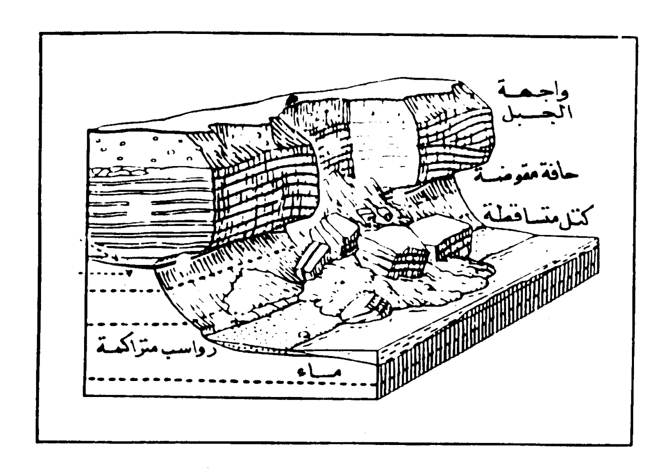




(شكل ٧٢) رسم تخطيطي لإنزلاق أرضي بجبال San Gabriel –كاليفورنيا

(٥) تساقط الكتل الصخرية **Rock Fall**

أحد أشكال الحركة السريعة بفعل الجاذبية الأرضية، وتحدث عند اعالى الحافات الصخرية الشديدة الإنحدار والجرفيه، وبخاصة تلك المتأثرة بنظم الفواصل المتشابكة. وتتم هذه العملية بصورة فجائية فى ثوان معدودة، ودون تدخل أى عامل من عوامل التعرية، ومن النادر رؤيتها فى الحقل، ولكن يمكن الإستدلال على زمن حدوثها بدراسة شكل الكتلة المتساقطة، ودرجة تأثرها بعمليات النحت الحديثة من حيث الصقل ودرجة الإستدارة، ومدى الإختلاف اللونى لقشرتها الخارجية، ومطابقتها على القمة الأصلية لهذه الكتلة.



(شكل ٧٣) تساقط صخرى

(٦) إنزلاق الكتل الصخرية Rock Slides

من العمليات الجيومورفولوجية النادرة وتشبه الإنـزلاق الأرضى ولكـن تتشكـل المواد المتحركة فى هذه الحالة مـن الكتـل الصخرية فى ظـل الظـروف المساعـدة لحدوث عملية الإنزلاق، وأهمها تشبع الطبقة الطينية بالمياه بحيث تعمل على تشحيم سطح المنحدر فتقلل الإحتكاك بينه وبيـن الكتـل المتحركـة، كما تسهـم الشقـوق والفـواصل الصخرية المتشابكـة فى سرعـة إنفصال الطبقـة الصخريـة المنزلقـة على السطح الشديد الإنحدار.



(شكل ٧٤) إنزلاق صخرى على الضفة اليمنى لنهر انجيل - كلورادو

(٧) الهبوط الأرضى Subsidence

تحدث عملية الهبوط الأرضى تحت تأثير عدد من الظروف المساعدة هى:-

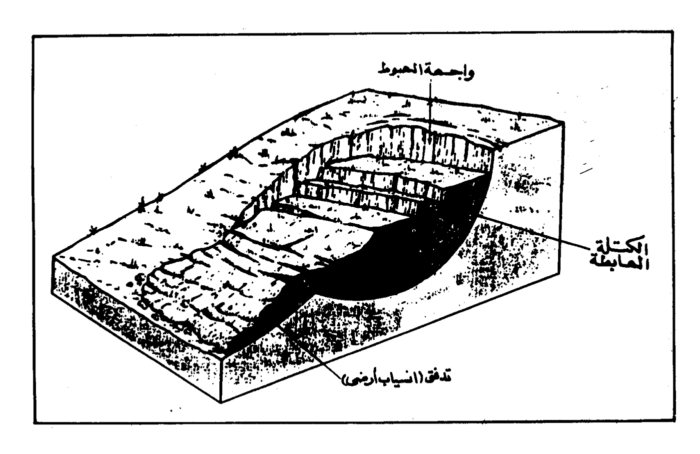
١ - تحلل الطبقة السفلية للمنحدرات السطحية بتأثير الماء باطنى وخاصة بفعل الإذابة للأحجار الجيرية وتعرض أسقف الكهوف الجيرية للهبوط والإنهيار.

٢ - إختلال توازن المناجم وهبوط الطبقات السطحية للمنجم.

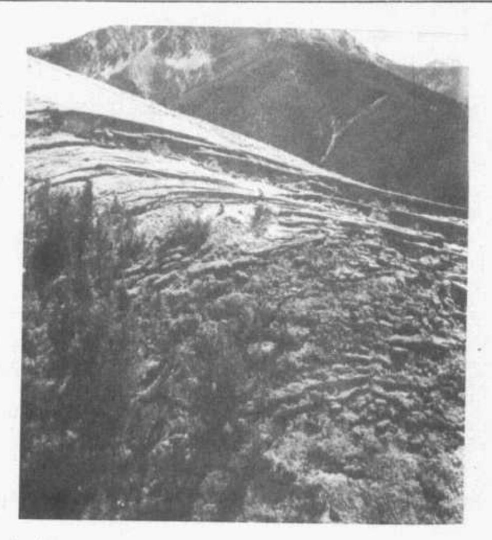
٣ - عدم ثبات رواسب الطفل الجليدى السفلية وهبوط الرواسب التى تعلوها.

٤ - الضغط الناتج عن تراكم الرواسب والمفتتات الصخرية فوق طبقات هشة.

٥ - هبوط أجزاء من المدن والطرق والسكك الحديديه بسبب تآكل المواد النحت السطحية، وكذلك وجود الآثار البشرية المدفونة.



(شكل ٧٥) حركة هبوط أرضى متعددة المراحل



(صورة ٦٢) هبوط أرضى بمقاطعة ماديسون بولاية مونتانا الأمريكية
(American Museum of Natural History)



(صورة ٦٣) مرئية فضائية توضح السفوح الغربية لجبال الأنديز بشيلى، لاحظ إمتداد السلسلة الجبلية فى الجزء الأيمن من الصورة الذى تقطعه مجموعة الأودية
«لاندسات» ألوان غير حقيقية».

(٨) منحدر البيدمونت Piedmont

يطلق على منحدر البيدمونت أحياناً تعبير نطاقات حضيض الجبال Mountain Foot Zones وهو يتألف من العناصر الآتيه (من أعلى لأسفل) :

«أ» قمة الجبل Mountain Top

نعنى بها الجزء العلوى من الحافة الصخرية وكثيراً ما تكون متأثرة بنظم الشقوق والفواصل وظروف التجوية بنوعيها، مما يساعد على شدة نحتها وتراجعها خلفياً.

«ب» واجهة الجبل Mountain Front

ويمثل منحدر الجبل Mountain أو الحافة Scarp وتتميز بشدة إنحدارها الذى يصل أحياناً إلى الجرف القائم تماماً، وترتبط الأجزاء المحدبه من المنحدر بمكاشف الصخور الصلدة، أما الصخور اللينه فتتفق مع الواجهة المقعرة للمنحدر، ولذلك يتفاوت معدل تراجع المنحدر تبعاً لمدى صلابته، ومرحلة تطوره التحاتى.

«ج» زاوية البيدمونت Piedmont Angle

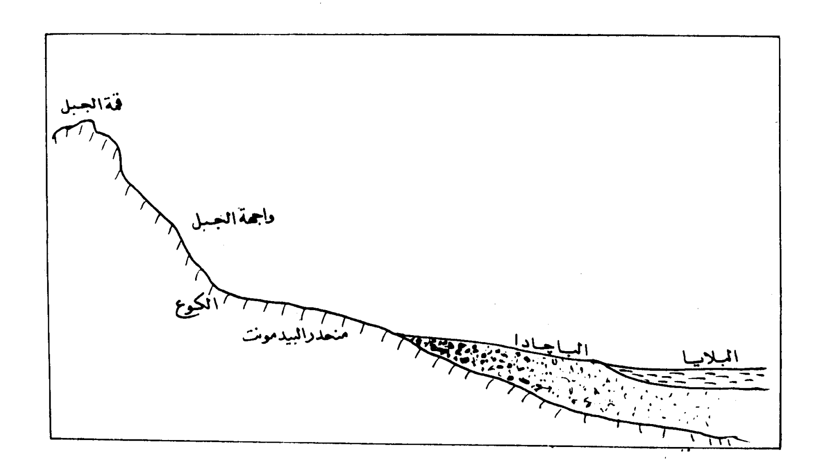
ويطلق عليها أحياناً تعبير كوع الجبل (المنحدر) Mountain Knick وهى تمثل موضع إتصال واجهة الجبل أو المنحدر وسطح الأرض المتاخم لها. وكثيراً ما تنطمر زاوية البيدمونت أسفل مراوح رسوبيه عظيمة السمك، متراكمة من الحافات التى تعلوها، ولكن فى كثير من الأحيان تنكشف منطقه الكوع بسبب نشاط عوامل نقل المواد من الجزء العلوى من سهل البيدمنت Pediment.

«د» سهل البيدمنت Pediment Plain

سهل صخرى هين الإنحدار يقع أسفل كوع الجبل مباشرة نزلاً إلى الباجادا أو النطاق الرسوبى الفيضى Allluvial Zone ويظهر سهل البيدمنت مقعراً فى مظهره العام وينحدر إنحدار هيناً لايزيد عن السبع درجات. ويتفاوت إتساعه بين بضعة أمتار ونحو الكيلومتر، ويتألف قسمه العلوى من سطح مصقول نتيجة إندفاع المواد

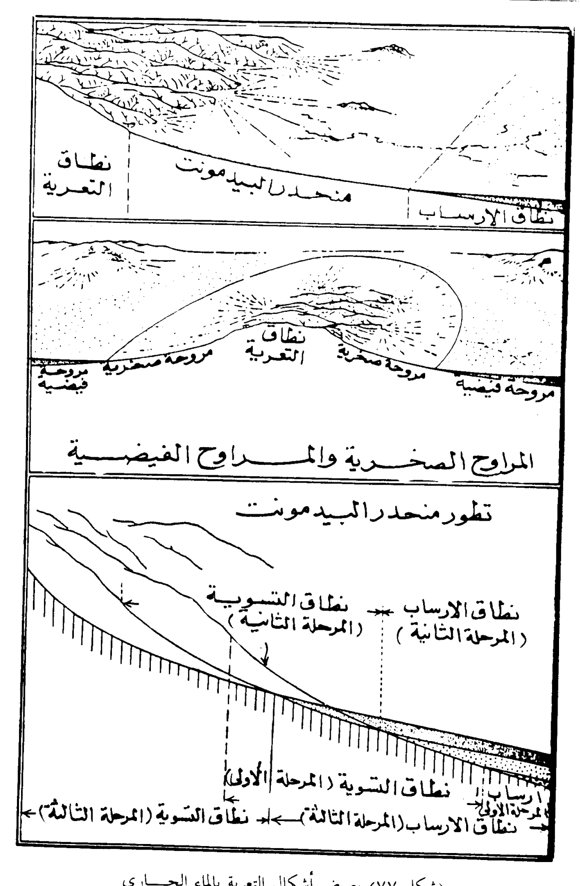
الزاحفة على سطحه، حتى تفقد طاقة حركتها فتترسب تدريجياً مكونة نطاق الباجادا الرسوبى[(١)].

وقد تتأثر سهول البيدى بعملية التقطيع النهرى مما يشير إلى حدوث عملية تجديد جيومورفولوجى للمنطقة كمرحلة تالية لتشكيلها.



(شكل ٧٦) أجزاء منحدر البيدمونت

(١) راجع ظاهرة الباجادا بالفصل الرابع، أشكال الإرساب.



(شكل ٧٧) بعض أشكال التعرية بالماء الجارى
فى المناطق الصحراوية

ثالثا : أشكال النحت بالرياح

تسهم الرياح فى نحت وتعرية بعض أجزاء سطح الأرض تحت تأثير عدد من الظروف المساعدة هى:-

١ - شدة الرياح وإستمرارها لفترات زمنية طويلة نسبياً.

٢ - غالباً ما تكون الرياح محملة بالغبار أو ذرات الرمل لتعمل كمعاول تصطدم بمكونات سطح الأرض اللينة فتهشمها.

٣ - تصادف الرياح المحملة بالرمل أجزاء صخرية ضعيفة وتقوم الرياح بدورها كعامل نحت بإحدى الوسيلتين الآتيتين:-

الأولى هى **التذرية** Deflation وتتم بقوة دفع التيارات الهوائية وإحتكاكها بالسطح وتعمل بالتالى على جر أو حمل المواد الصخرية المفككة أو الضعيفة التماسك أو المجواه، سواء المشتقة من الرواسب الفيضية أو الجليدية أو رمال السواحل. ويسهم خلو المنطقة من الغطاء النباتى، وشدة جفافها فى عظم تأثير الكشط الهوائى.

الثانية **فهى البرى** Abrasion وهى تتم بالرياح المسلحة بذرات الرمال، **فتعمل** على كشط الأجزاء الضعيفة من الصخر التى تستجيب للنحت والإزالة، وتتم هذه العملية على إرتفاع قريب من سطح الأرض لايتعدى المترين.

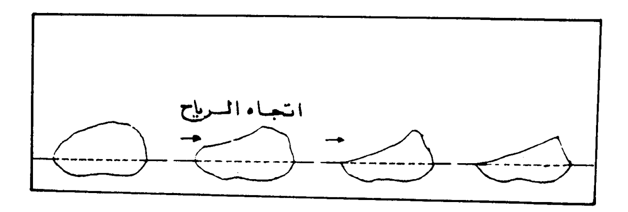
وفيما يلى عرض لأهم الأشكال الجيومورفولوجية الناجمة عن النحت الهوائى:

(١) الوجه ريحيات **Ventifaces - Wind Kanters**

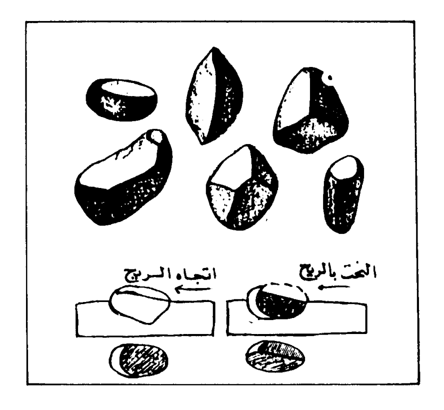
يطلق عليها أحياناً تعبير الحصوات المنشورية Dreikanter أو الحصوات المشطوفة الأوجه Ventifaces. وتنشأ عن الصقل المستمر لأحد أوجه الحصوات المواجه للرياح السائدة، مما يسهم فى كشطها وتآكلها المستمر، ويشير عدد الأوجه المشطوفة إلى عدد إتجاهات الرياح السائدة بالإقليم، فهناك حصوات ثنائية الأوجه، والثلاثية الأوجه.. وقد لوحظ إختلاف تأثر أنواع الصخور بالكشط، فنجد أن الحصوات المكونة من الحجر الجيرى سرعان ما تستجيب للصقل، بينما يصمد الصوان لفترات زمنية طويلة نسبياً أمام هجمات الرياح.

(٢) تضاريس الياردانج - الحرافيش **Yardanges**

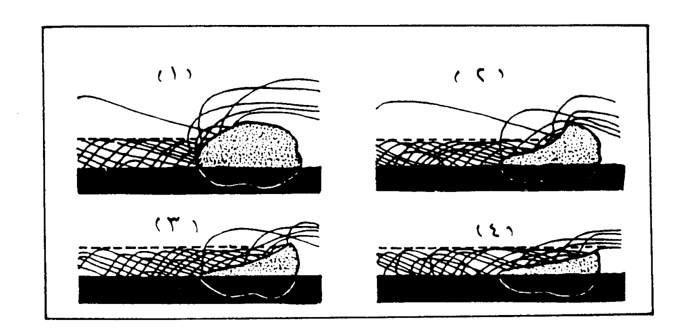
أطلق هذا المصطلح لأول مرة على بعض الأشكال الصخرية الغريبة حُفرت فى الرواسب البحيرية القديمة فى صحراء تركستان، وهى تتكون من أخاديد وقنوات طويلة ضيقة، تفصل فيما بينها أعداد من الكتل الحجرية المستطيلة تشبه ضلوع الحيوان، تشكلت بسبب إصطدام الرياح المحملة بذرات الرمال، فتمكنت من كشط وتخفيض المواضع الضعيفة دون الصلدة. كما تسهم نظم الفواصل المتوازية الطويلة فى تشكيل تضاريس الياردانج، ومن أمثلتها تلك المتناثرة بمرتفعات تبستى جنوب الصحراء الليبية، وتنتشر أيضاً على هوامش منخفض الخارجة بالصحراء الغربية المصرية.



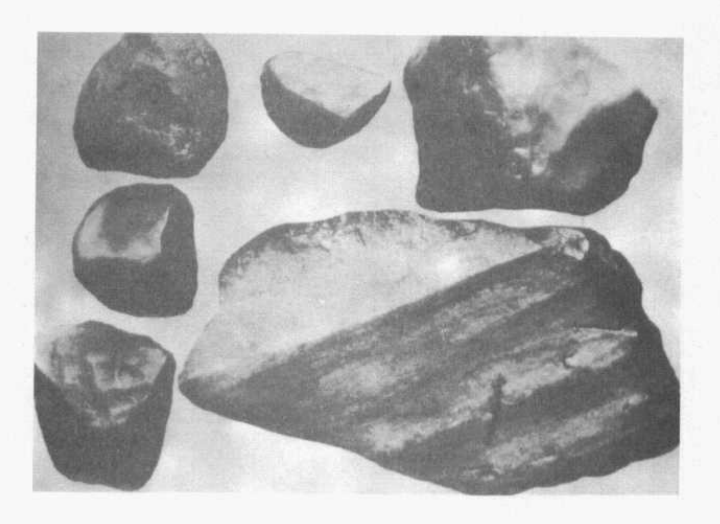
(شكل ٧٨) تأثير الرياح على كشط الحصوات



(شكل ٧٩) أشكــال الوجه ريحـيات



(شكل ٨٠) مراحــل تشكيل الوجه ريحيــات



(صورة٦٤) حصوات متأثرة بالكشط بالريح



(صورة ٦٥) صورة جوية مائلة لتضاريس الياردانج فى مرتفعات تبستى جنوب ليبيا ،
ساهمت نظم الفواصل المتوازية فى تشكيلها. (After Pesce, A., 1968)



(٣) المنخفضات الصحراوية Depressions

مناطق حوضية مغلقة بالصحارى تغور تحت السطح بضعة أمتار وحتى مئات الأمتار، وتترامى قيعانها لتصل إلى آلاف الكيلومترات المربعة، أكبرها مساحة وادى السرحان المغلق بالمملكة العربية السعودية (٢٥ ألف كم٢)، ومنخفض القطارة بالصحراء الغربية المصرية (٢٠ ألف كم٢). وتختلف أشكال هذه المنخفضات بين المستدير المتسطح الجوانب كالجفر بالأردن، وحوض فزان بليبيا، والشريطى المتعرج كمخفضات الواحات الخارجة والداخلة المصرية، والأهليلجى كمنخفض البحرية، والمستطيل المغلق كوادى السرحان السعودى، ويتوقف شكل وأبعاد المنخفض على ظروف نشأته (صلاح البحيرى، ١٩٧٩«ب»)

وتتشكل المنخفضات الصحراوية بتأثير عوامل التحلل المائى والبرى والإكتساح بالرياح، وإعادة إنكشاف السطح أمام المؤثرات الخارجية مرة أخرى. ولكن يرتبط تشكيل المنخفضات بأحد عوامل الضعف الجيولوجى الآتيه:-

«أ» خطوط الإنكسار ونظم الفواصل الصخرية :

تسمح خطوط الضعف الخطية بنفاذ عوامل التعرية داخل الصخر فتضعفه، وتعمل على تعميق السطح وتوسيعه وتسهيل مهمة الإكتساح والإزالة الهوائية. وتعد منخفضات الهضبة الشرقية للاردن من أوضح الأمثلة لهذا النوع من المنخفضات الصحراوية، وأيضاً وادى السرحان الأخدودى الهابط بالسعودية.

«ب» الثنيات المحدبة :

من المعروف أن قمم الثنيات المحدبة تشكل أضعف أجزاءها، ولذا تظهر على سطوحها مجموعة من الفواصل الطولية، تنفذ خلالها عوامل التحلل المائى والتفكك الحرارى، ثم تكتسح موادها المجواه بالرياح، فتتسع هذه الشقوق وتتعمق بإطراد. ومن أمثلتها منخفض الواحة البحرية الذى نشأ فى بنية قبابية، والواحات الخارجة التى يرتبط وجودها بطّية محدبة بسيطة.

«ج» الثنيات المقعرة :

تسمح البنيات الصخرية المقعرة بتجمع الماء الباطنى وتسربه تحت سطح الأرض، وتعمل الخاصية الشعرية على رفع منسوب المياه نحو السطح مرة أخرى، فتساعد على تحلل مكوناته وإكتساحها بالريح.

«د» خطوط التماس الجيولوجي :

نطاقات حدية فاصلة بين التكوينات الجيولوجية المختلفة، تتكون على حوافها بعض الحفر والفجوات، وكثيراً ما تلتحم مع بعضها مكونة نطاقاً غائراً من السطح، مثل نطاق الإلتحام الصخرى بين الطفوح البازلتية الصلبة مع الصخور الكلسية الصوانية بمجموعة المنخفضات الأردنية والسعودية، وخط التماس الجيولوجى بين تكوين مارماريكا الجيرى وتكوين المغرة الرملى بمنخفض القطارة (مجدى تراب، ١٩٩٣).

(٤) ثقوب أو كهوف الرياح **Wind Caves - Wind Blowouts**

عبارة عن تجاويف تنحت فى الأجزاء اللينة من الصخور، حيث تعمل الريح على جر وحمل المفتتات والمواد الصخرية المجواه، وتترك وراءها بعض الفجوات المتواضعه الإتساع المحدودة المساحة، ترتبط أساساً بالأحجار الرملية والجيرية فى المناطق المكشوفة من الغطاء النباتى التى تتميز بالجفاف.

(شكل ٨١) تأثير العوامل الجيولوجية على نشأة المنخفضات الصحراوية .



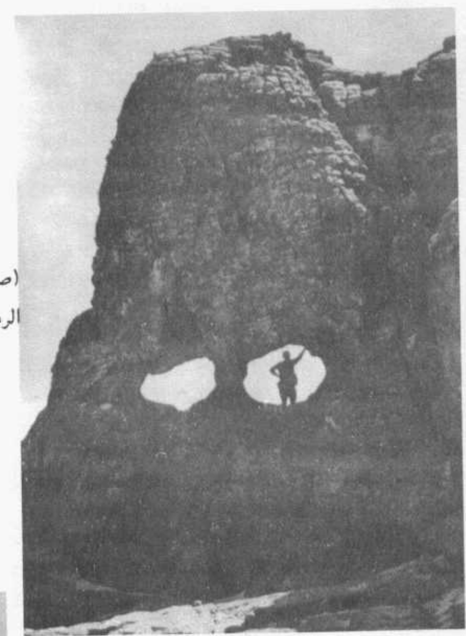


(صورة ٦٦) منخفض صحراوى محدود المساحة كجزء من منخفض الفيوم، لاحظ إمتداد الحواف الغربية للمنخفض.



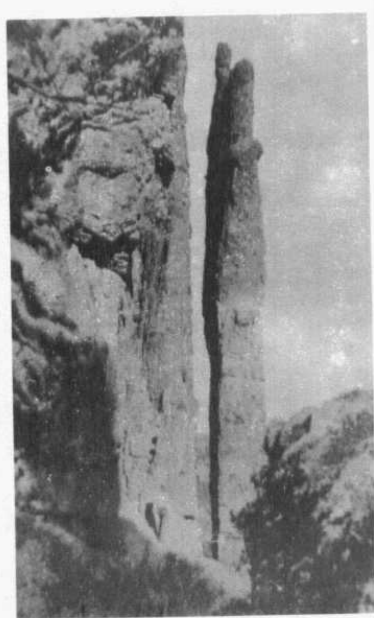
(صورة ٦٧) منخفض صحراوى تنمو به بعض شجيرات الزيتون والتين والنخيل جنوبى جبل الدكرور بسيوة، لاحظ نشع المياه الباطنية بالأجزاء المنخفضة من سطح الأرض.







(صورة ٦٨) منظر فريد لثقوب الرياح فى الأحجار الرملية بوسط تركيا
(After Ireland H., 1939)



(صورة ٦٩) عمود من الحجر الرملى انفصل عن الحافة المجاورة له بتأثير توسيع الشقوق الرأسية بعمليات التجوية وإزالة المواد المجواه بالرياح فى Wyomin بالولايات المتحدة الأمريكية
(U.S. Forest Service)

(٥) المداخن الصحراوية **Rock Chimneys**

أحد الأشكال الجيومورفولوجية المركبة النشأة، تتكون بسبب توسيع الشقوق والفواصل الرأسية المستمر، نتيجة توغل المؤثرات الحرارية والإذابة بفعل المياه، حتى تنفصل بعض الأعمدة الرأسية عن الحافة المجاورة لها، بعد إكتساح الرياح للمواد المجواه لتقف هذه المداخن صامدة بإرتفاع يصل لعشرات الأمتار.

(٦) الجمال الصحراوية **Desert Camels**

مظهر صحراوى طريف يتكون من تذرية الريح فى الأحجار الرملية الجيرية على وجه الخصوص، فقد تتخذ أحياناً بعض الأشكال المألوفة للبشر، مثل الجمال الصحراوية أو رؤوسها فقط، أو الأبقار... وغيرها.

ومما يذكر أن هناك كتلة صخرية كبيرة الحجم تشبه رأس الرئيس الأمريكى الراحل جون كيندى تقف رابضة شمالى مدينة شرم الشيخ، كانت تستغل سياحياً أثناء الإحتلال الإسرائيلى لسيناء.

(٧) حفر التذرية **Deflation Hollows**

تتكون حفر التذرية حينما يتعرض سطح الأرض لإزالة الأتربة والرمال تاركة وراءها حفراً تغور لبضعة سنتيمترات، وقد تتسع فجواتها لتصل لعدة كيلومترات، وتزيد أعماقها عن المائة متر، مثل الفجوات المتناثرة بصحراء منغوليا. وقد درس المؤلف بعض الفجوات الطولية الإنكسارية النشأة شمالى منخفض القطارة، حيث تتبعثر حفر التذرية الطولية موازية للحافة الشمالية للمنخفض ذاته، وتشير إلى إحتمال تكونه بنفس الأسلوب (مجدى تراب، ١٩٩٣).

ويكثر وجود حفر التذرية بالمناطق المكونة من الأحجار الرملية خاصة فيما بين الكثبان، حيث تتركز التيارات الهوائية بين التلال المتجاورة، وتشتد طاقتها فتعمل على تذرية الرمال من السطح بسرعة، فتشكل بعض الحفر الطولية موازية لإتجاه الريح السائد.

(٨) الأعمدة الترابية **Earth Pillars**

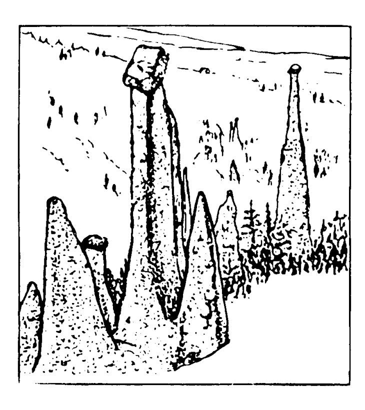
الأعمدة الترابية من الأشكال الناجمة عن فعل النحت بالرياح، فى ظل ظروف التجوية الكيميائية بماء المطر، كالأهرام الترابية Earth Pyramids، والأصابع الترابية Earth Fingers وغيرها..

وتتكون الأعمدة الترابية من رؤوس طويلة قائمة تنتهى فى أعلاها بكتل جلمودية أصلب من الأجزاء المرتكزة عليها، ويتراوح إرتفاعها بين ٨ و ١٠ أمتار. فإن الكتلة العلوية كانت تقع فى الأصل على سطح الأرض مباشرة، حيث تمكنت عوامل النحت من تآكل الطبقة السطحية اللينه فظهرت هذه الكتلة ناتئة فوق السطح يتوجها الجلمود، وقد تتشكل الطبقة السطحية فى صخور أفقية أو مائلة. ولعل أحسن الأمثلة لهذه الأعمدة توجد فى إقليم التيرول، وإقليم البادلاند فى أمريكا الشمالية. وتسمى الأعمدة الترابية بعدة أسماء محلية منها الهودو Hoodo فى أمريكا، ودموازيل Demoiselles فى الألب الفرنسية وبنتنتس Penitents فى أمريكا الجنوبية.

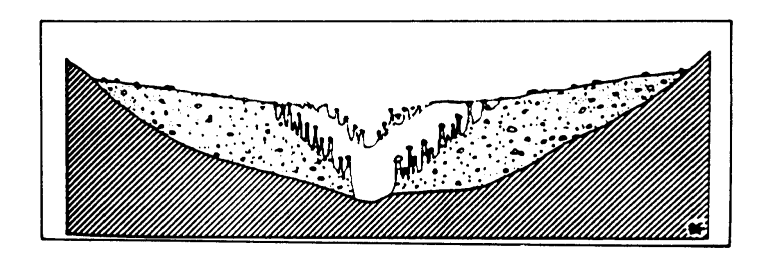
(٩) البطيخ المصقول:

يعد البطيخ الصخرى المصقول من الأشكال الجيومورفولوجية التى أثارت العديد من التساؤلات عند محاولة تفسير نشأتها، حيث تنتشر هذه الظاهرة شمال منخفض الفيوم ببضعة كيلومترات، على شكل حقل متسع من الربوات المتصلبة تتخذ بعضها الشكل النصف كروى، والبعض الآخر يظهر كأجراس الكنائس، ويتفاوت إرتفاعها بين بضعه ديسيمترات ونحو المتر الكامل.

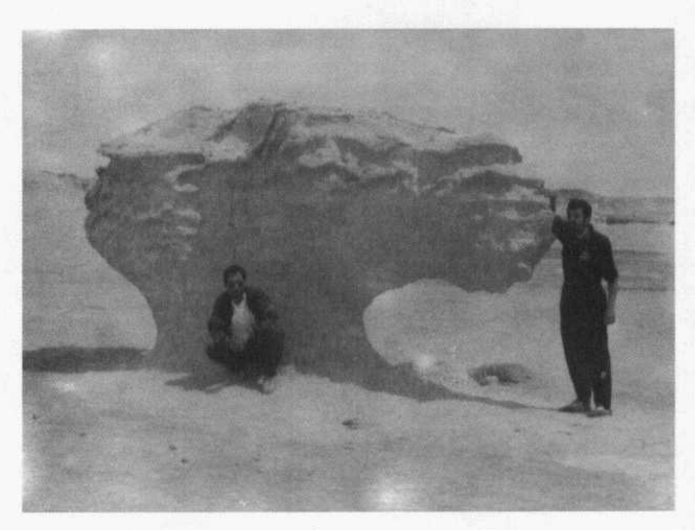
ولعل أقرب التفسيرات لنشأة هذه الروابى، ما ذهب إلى إفتراض تشكيلها نتيجة النحت والإكتساح بالرياح فى ظل وجود بعض العقد الصوانية الصلبة تركزت فى بعض أجزاء الحجر الرملى فأكسبته بعض الصلابه أمام فعل البرى بالريح.



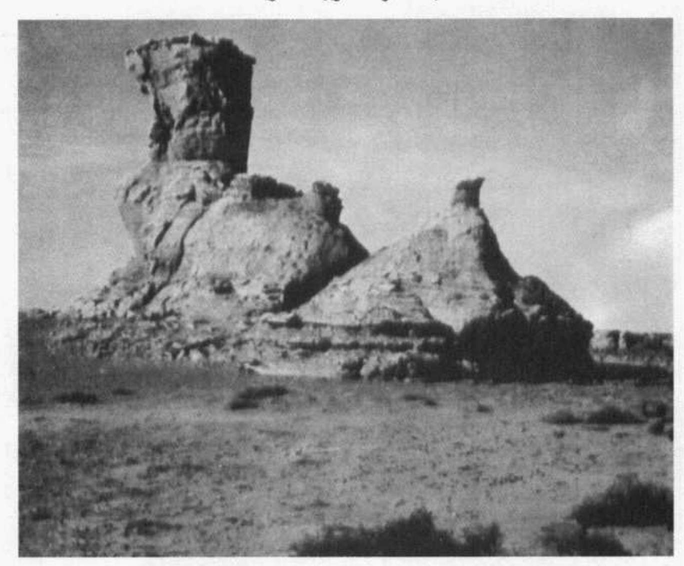
(شكل ٨٢) أعمـــدة الدموازيـــل



(شكل ٨٣) نشأة الأعمـدة الترابية فى إقليم التيـرول



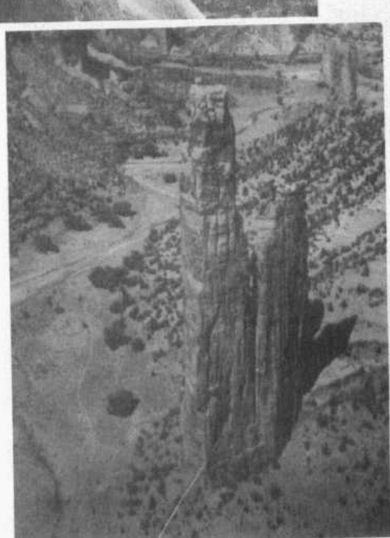
(صورة ٧٠) رأس جمل متشكل فى الأحجار الجيرية بمنخفض القطارة
بالصحراء الغربية المصرية



(صورة ٧١) جمل صحراوى منحوت فى الأحجار الرملية قرب واحة الداخلة بالصحراء الغربية المصرية



(صورة ٧٢) أعمدة ترابية فى منطقة
Nevsechir بتركيا، (هيئة السياحة التركية).



(صورة ٧٣) عمود ترابى فى خانق
chelly - بولاية أريزونا الأمريكية
(After Hardy A. and Monkhousa, F., 1966)

(١٠) الكبارى الطبيعية Natural Bridges

تتميز الكبارى الطبيعية بتعدد العوامل المساهمة فى تشكيلها، فقد تنشأ نتيجة النحت النهرى مثل «جسر الحجر بنهر الكلب» فى لبنان، كما تتكون هذه الظاهرة نتيجة فعل الإذابه فى التكوينات الجيرية بالأقاليم الرطبه، وقد تتشكل أيضاً بفعل نشاط النحت البحرى، مكونه الأقواس أو الكبارى البحرية Marine Arches - Bridges.

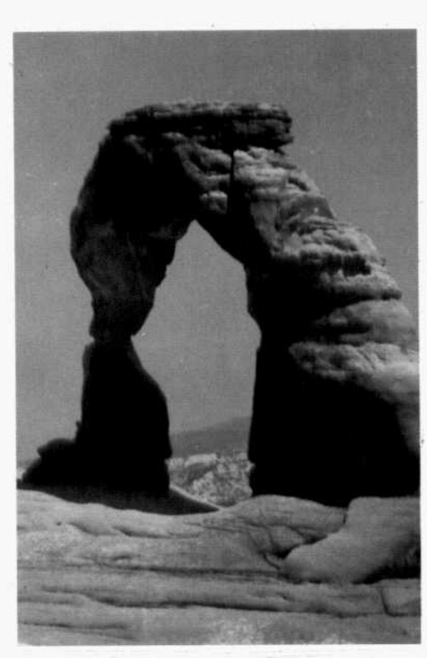
وعلى الرغم من تشابه المظهر المورفولوجى العام للكبارى الصحراوية مع الأشكال السابقة، إلا أن عامل النشأة يختلف، فنجد أنها تتكون نتيجة نشاط الإكتساح بالرياح للمواد المجواه عبر نطاقات الضعف الجيولوجى.

(١١) الأنياب الصخرية :

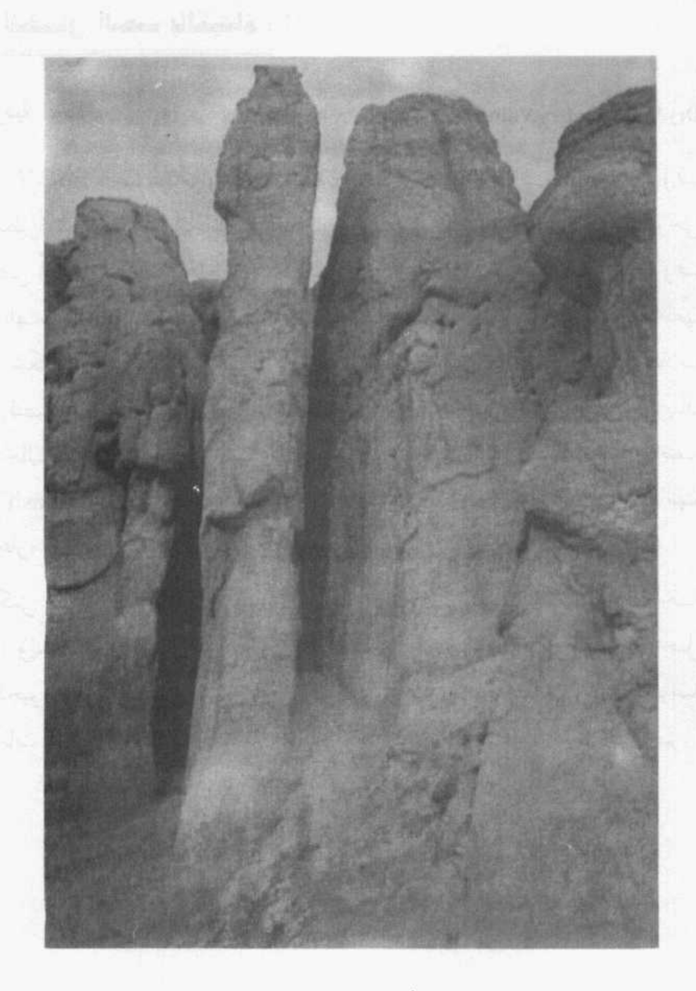
بروزات أو مسلات صخرية تنشأ عن توسيع الشقوق والفواصل عبر الحافات الصخرية المكونة من الحجر الرملى والجيرى، ويطلق هذا التعبير محلياً فى شبه الجزيرة العربية.



(صورة ٧٤) البطيخ المصقول شمال منخفض الفيوم .



(صورة ٧٥) كوبرى طبيعى فى الأحجار الرملية بكلورادو
(American Museum of Natural History)



(صورة ٧٦) ناب صخرى فى الأحساء بشبه الجزيرة العربية (عن الغنيم، ١٩٨٤)

رابعا : اشكال النحت بالمياه :

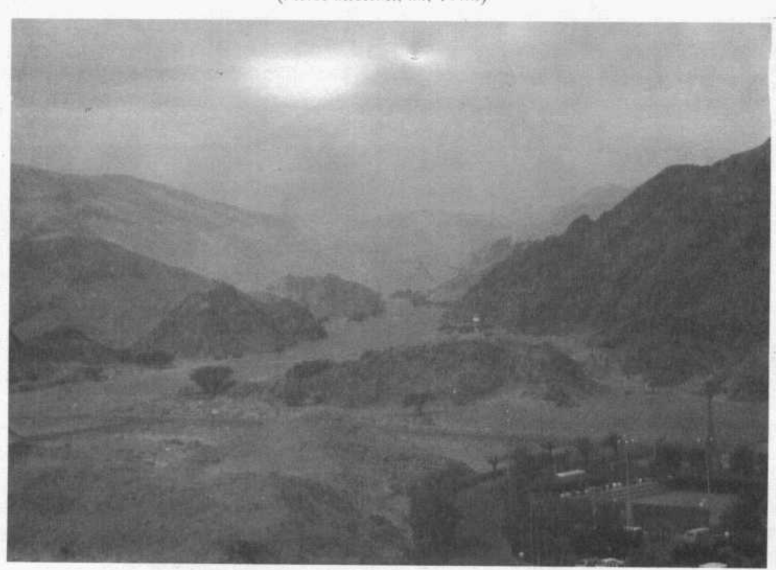
(١) الأودية الجافة
Dry Wadies - Dry Valleys

أحد الأشكال الجيومورفولوجية القديمة (الحفرية)، التى تكونت خلال ظروف مناخية مطيرة تختلف عن الجفاف الصحراوى الحالى، ويبدو المظهر المورفولوجى العام لبعض أجزاءها كأنهار عاجزة أو ضامرة Misfit river غير متوافقة مع ظروف الجدب الصحراوى، إذ تغور مجاريها الخانقية بضع مئات من الأمتار، وتشبه مقاطعها العرضية شكل حرفV ، كما تتهدل جوانبها الوعرة بفضل الجداول والمسيلات الجبلية، فتصبح أشبه بأقاليم الأراضى الوعرة Badlands. على حين يقتصر الجريان بقنواتها حالياً على فترات مابعد السيل الصحراوى، فتتحرك المياه كفيضانات خاطفة Flash floods، ولكنها تكون قادرة على دفع ركامات الجلاميد والحصى أمامها بضعة أمتار، قبل جفاف المياه وتسربها لباطن الأرض.

ويعكس المظهر المورفولوجى للوديان الجاف الظروف المناخية القديمة المصاحبة لتشكيله، ويمكن من خلال دراسة هذه الأشكال الحفرية، إستقراء وتتبع مراحل تطوره الجيومورفولوجى منذ نشأته وحتى الوقت الراهن، والوقوف على مدى تعرضه لتتابع نوبات المطر والجفاف، وعلاقة هذه النوبات بتذبذب مستوى سطح البحر.



(صورة ٧٧) مرئية فضائية مأخوذة من إرتفاع منخفض توضح جزء من شبكة التصريف لوادى حضرموت بشبه الجزيرة العربية
(After shelton, .s., 1966)



(صورة ٧٨) الجزء الأدنى من وادى طابا، لاحظ إختلاف التراكيب الجيولوجية على جانبيه، ونمو بعض أشجار السنط على قاعه.



(صورة ٧٩) صورة جوية لأحد الأودية الجافة بالجزائر
(مهداه من Prof. Dr. Chorley, R.)

(٢) الفيضان الغطائى **Sheetflood - Sheet Wash - Sheet Erosion**

تعد التعرية الغطائية احدى العمليات الرئيسية المساهمة فى نحت سطح الأرض بالمناطق الجافة وشبه الجافة، بحيث تتجمع حبات المطر فى مساحات كبيرة، وتتحرك المياه على السطوح الهينة الإنحدار، ولكنها لاتسيل فى قنوات مائية أو مجارى محصورة أو محددة بشكل واضح، إلا أنها تكون قادرة على القيام بعملية النحت الميكانيكى للمواد المجواه والتربة الهشة، ثم تقوم بنقلها نحو سفوح المنحدرات، وذلك كمرحلة سابقة لنحت المجارى المائية فى الأجزاء الشديدة الإنحدار.

وينبغى التفرقة بين دور مجموعة العمليات الجيومورفولوجية الآتيه، على الرغم من إتفاقها جميعاً فى القيام بعملية النحت بالماء الجارى بالأقاليم شبه الجافة:

(٣) تعرية الرش **Splash Erosion**

تأثير الفعل الميكانيكى لإصطدام قطرات ماء المطر Rain Drops بسطح الأرض، ويعظم تأثير السيول الصحراوية لكبر حجم قطرات المياه وخاصة عند سقوطها على الأسطح المفككة الهشة (جوده، ١٩٨٩)

(٤) تعرية الجداول **Rill Erosion - Rill Wash**

تحرك المياه فى بعض القنوات المائية الدقيقة مكونة شبكة تصريفية واضحة المعالم على الأجزاء المضرسة من سطح الأرض.

(٥) المسيلات الجبلية **Gullies**

تتكون المسيلات الجبلية حينما تزداد كمية المياه المتحركة وتلتقى أعداد كبيرة من الجداول المائية، ويشتد النحت والتعميق الرأسى للمجرى المائى بسبب شدة إنحدار السطح الذى تشقه.

وهناك مجموعة من العوامل يتوقف عليها المظهر الجيومورفولوجى العام لهذه المسيلات، أهمها (جوده، ١٩٨٩):-

١ – كمية المياه المتدفقه ونظامها وطبيعة الحمولـة المنقولـه.
٢ – شدة إنحدار سطح الأرض ودرجة تقعـره.
٣ – قابلية التسرب والنفاذيـة.
٤ – طبيعة الغطاء النباتى.

(٦) الخوانق «الأخاديد» Georges

تنشأ الخوانق أو الأخاديد كأجزاء من مجارى الأوديـة الخانقيـة، ذات تكوينـات جيولوجيه أكثر صلابة، ولذا يواجه الوادى صعوبة فى شق مجرى له خلالها، فتضيق قيعانها، وتبدو جوانبها شبه جرفية مرتفعة، وتشتد عندها سرعة جريان المياه، والتعميق الرأسى لقنواتها.



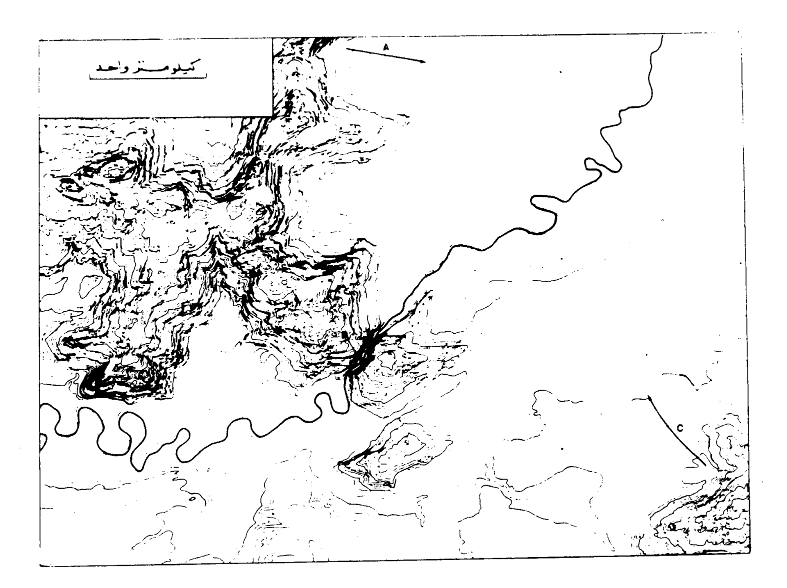
(صورة ٨٠) جدول جبلي بالجبل الأخضر - ليبيا.

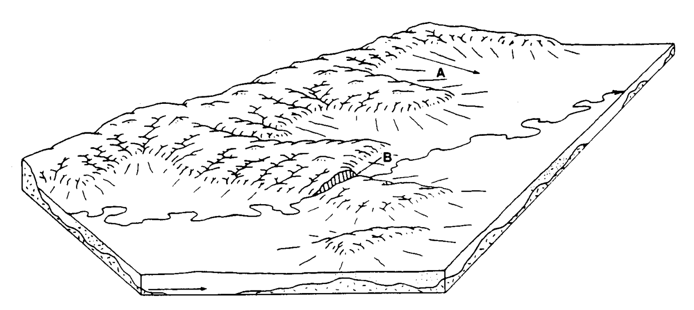


(صورة ٨١) مرئية فضائية لمجموعة من المسيلات الجبلية تقطع كتلة Maloti وتمثل الروافد العليا لنهر أورنج في ليسوتو بجنوب افريقيا «لاندسات، ألوان غير حقيقية»

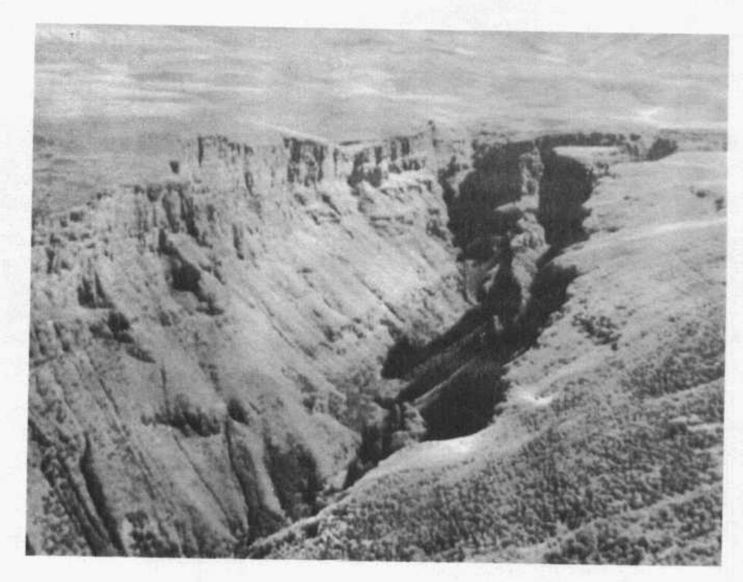
(After Francis, P. and jones, p., 1985)



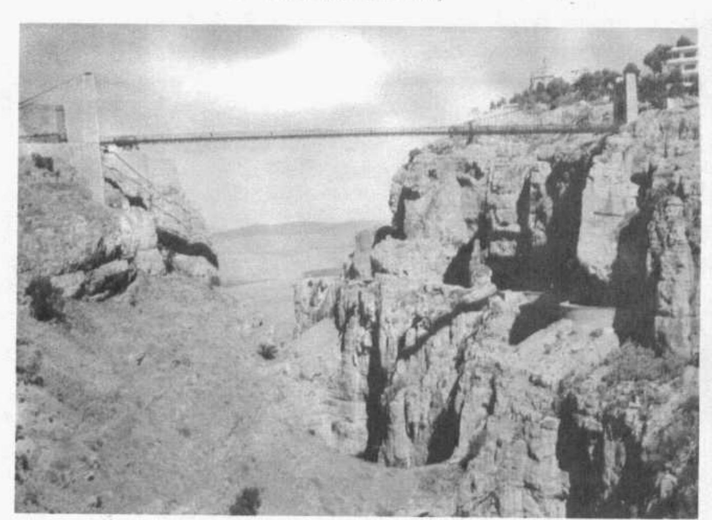




(شكل ٨٤) خريطة طبوغرافية ومجسم لخانق (يظهر عند النقطة B)



(صورة ٨٢) خانق بأحد المنابع العليا لواد جاف بجنوب افريقيا.
(After Money, D., 1974)



(صورة ٨٣) أحد الجسور على خانق بواد جاف قرب مدينة قسطنطينة بالجزائر
(وزارة السياحة الجزائرية).

(٧) الأراضى الوعرة BadLands

أطلق مصطلح الأراضى الوعرة فى الغرب الأمريكى لأول مرة، ويقصد به مناطق الأحواض الصحراوية الممزقة بشبكات التصريف المائى الكثيفة، حيث يصعب إختراقها، ومن هنا باتت تسميتها بالأراضى الوعرة.

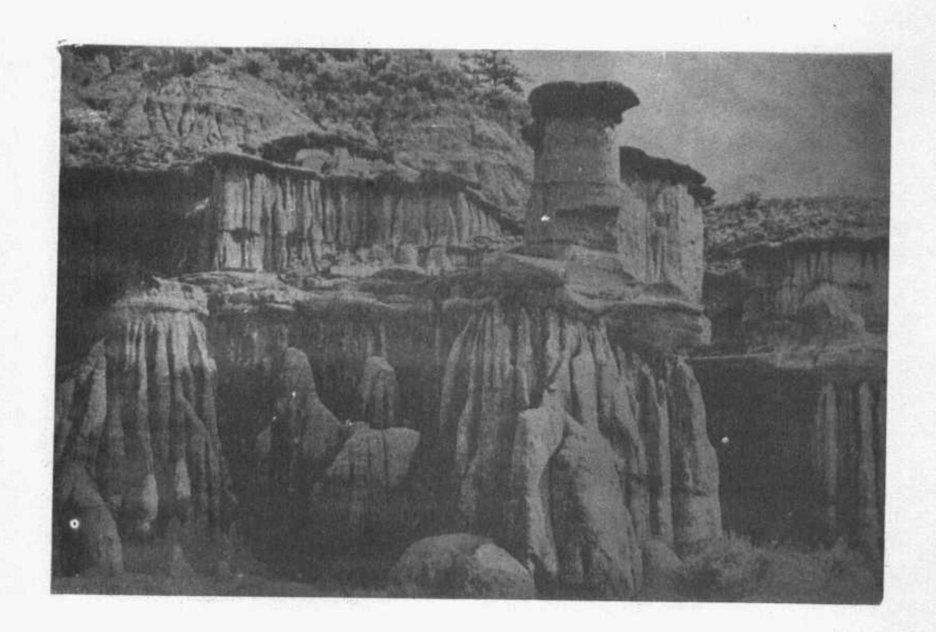
وتتميز الأراضى الوعرة بشدة تضرسها وكثافة تصريفها الخانقى، الذى يمزق تكويناتها الطينية الهشة، وتتوقف إستجابة السطح للتمزق على عدة عوامل أهمها:

١ – درجة صلابة الصخر ومدى مقاومته للنحت المائى مما يسهل من عملية تعميق المجارى المائية وتوسيعها.

٢ – مدى قابلية التكوينات الصخرية للتسرب والنفاذية.

٣ – حجم الأمطار الساقطة على الإقليم.

٤ – إنعدام أو فقر الغطاء النباتى الذى يعمل على حماية المنطقة من التمزق بالنحت.



(صورة ٨٤) أراضي وعرة بولاية مونتانا الأمريكية
(U.S.Forest service)



اشكـــــال الارساب

أولاً: ارساب المواد تحت أقدام المنحدرات.

ثانياً: الارساب الحوضى (بالمياه) .

ثالثاً: الارساب الهوائى (بالرياح) .

اشكـــــال الارساب

اولا: ارساب المـــواد تحت اقـــدام المنحــدرات[1]

يتوقف تحديد أشكال الإرساب عند حضيض المرتفعات على مجموعة من العوامل، يرتبط بعضها بخصائص المنحدر، ويختص البعض الآخر بطبيعة المادة المتحركة، وتشترك هذه المجموعة من العوامل فى تحديد نوع وسرعة انسياب الفتات الصخرى فوق هذه المنحدرات، وتشكيل المظهر النهائى لهذه المواد بعد استقرارها عند الحضيض، وهذه العوامل هى:-

(أ) العوامل المتعلقة بخصائص المنحدر:

١ - نوع التركيب الصخرى وتتابعه على أجزاء الحافة.
٢ - البنية الجيولوجية للحافة من حيث ميل الطبقات ودرجة النفاذية والمسامية ومدى تأثرها بالشقوق والفواصل.
٣ - خشونة المنحدر وتضرسه.

(١) راجع أشكال النحت بتأثير حركة المواد على سفوح المنحدرات.

٤ – درجة انحدار سطح المنحدر ومدى تقوسه وطبيعة هذا التقوس محدب أم مقعر.
٥ – معدل تقطع الحافة بالمسيلات الجبلية، ودرجة التعميق الرأسى لهذه المسيلات
٦ – طبيعة الغطاء النباتى على سفوح المنحدرات.
٧ – الدرجة المقطوعة من مراحل تطور الحافة وتراجعها أمام عوامل التعرية.

(ب) العوامل المختصة بطبيعة المادة المتحركة:

١ – التركيب الصخرى للمادة المتحركة.
٢ – حجم وكتلة الفتات الصخرى ومدى تجانسه.
٣ – درجة استدارة الكتل الصخرية المتحركة.
٤ – مدى تشبع المواد بالمياه.
٥ – المعدل الزمنى لإنسياب المواد.

وفيما يلى عرض موجز لأهم الأشكال الإرسابية عند حضيض المرتفعات:

(١) مخروط الهشيم[1] Cliff Debris - Scree - Talus Cone - Talus Creep

يطلق مصطلح مخروط الهشيم «التيلاس» الفرنسى الأصل على الحطام الصخرى المتجمع ككومات متراكمة تحت أقدام الحافات الصخرية الشديدة الإنحدار، تحت ظروف المناخ الصحراوى الجاف، والمعتدل البارد، وأيضا المناطق القطبية. ولكن تتباين أشكال هذه المخروطات وأحجامها تبعاً لمدى تأثر الحافات بعوامل التعرية، وإختلاف معدل تراجعها، وعامل التعرية السائد، إلى جانب طبيعية وحجم المواد التى تتألف منها هذه الكومات الهرمية الشكل.

وتصنف المواد المكونة للمخروط الرسوبى حسب أحجامها، فنجد أن معظم الجلاميد والكتل الصخرية الكبيرة الحجم تنحدر بسرعة نحو أقدام الحافات، وتعلوها الكتل المتوسطة والحصى والحصباء، أما الرواسب الرملية والأتربة الدقيقة فتغطى

---

(١) راجع أنماط تراكم الحطام الصخرى بالفصل الثالث (إنزلاق الصخور).

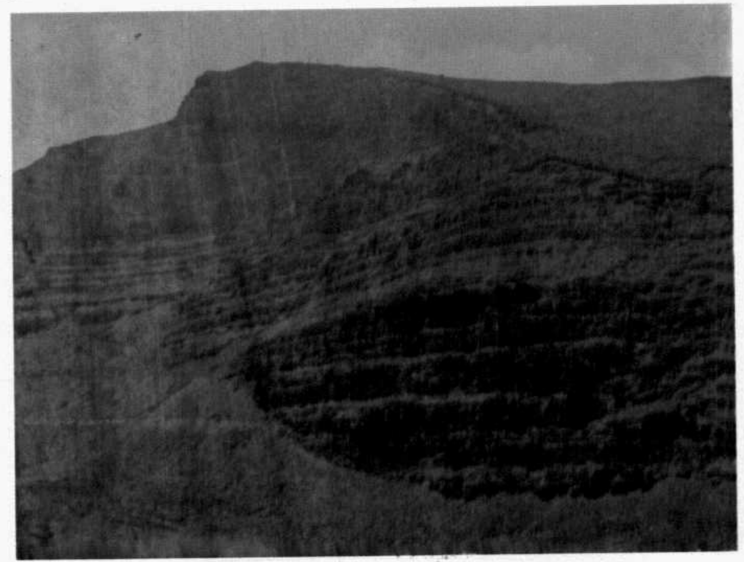
أعالى المخروط، وعند سقوط الأمطار تتحول هـذه الأتربـة إلى مـادة لاصقـة تعمـل على حماية جسم المخروط الـرسوبى.

(٢) المراوح الفيضية (الدالات المروحيـة) Alluvial Fans

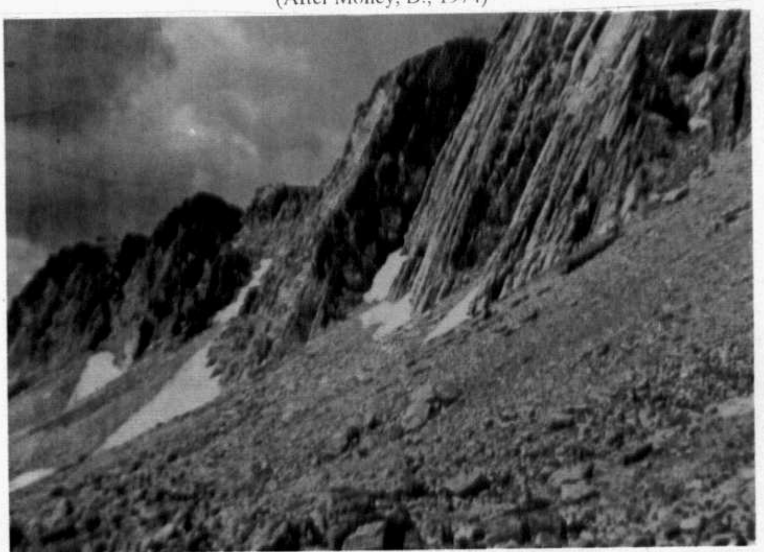
أشكال رسوبية مروحية الشكل تتميز بضعف انحدارها وتقوس سطوحها، ترسم انصاف دوائر تحيط بمخارج المجارى الخانقية الجبلية، حيثما تنخفض سرعة المياه فجائياً، فتنهار قدرة السيل على الحمل، فيتخلص من حمولته، ويفترشها على سطوح قواعد المرتفعات.

وأهم مايميز الدالات المروحية أن رواسبها تصنف تبعاً للمسافة بين قواعد الجبال والأحواض المحيطة بها، فتتألف رؤوس الدالات من الجلاميـد الصخريـة الضخمـة، التى تلقى بها السيول المتتالية عند نطـاق التغيـر فى درجـة الإنحـدار، بينمـا يتشكـل محيط هذه المراوح من الرمل والغرين والطين، أما فيمـا بيـن الـرؤوس والمحيـط أو القواعد تتوزع الرواسب الحصوية تبعاً لحجومها، فيتراكم أخشنها عند الرؤوس ويتجه أدقها نحو الحضيض.

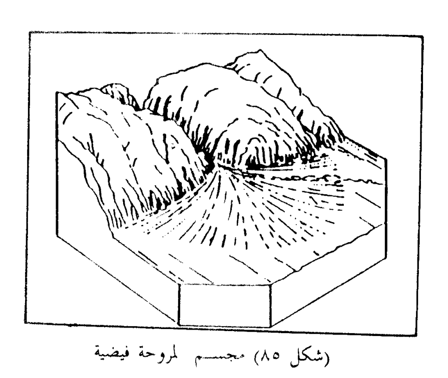
وتتقطع أسطح الدالات بشبكات موسمية من المجارى السيليـة، تتبايـن أشكالهـا عقب كل سيل، وحينما تنمو المراوح الفيضية تتقارب مع بعضها حتى تلتحم مكونة نطاقاً رسوبياً متصلا عند حضيض المرتفعات يطلـق عليـه اسم الباجـادا.



(صورة ٨٥) مخروط هشيم غرب ديربي تشير - بريطانيا
(After Money, D., 1974)

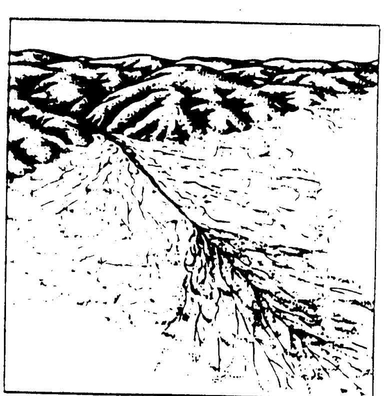


(صورة ٨٦) مخروط هشيم مكون من حصوات حادة الزوايا من الكوارتزيت فى Wyoming بالولايات المتحدة الأمريكية
(After strahler, A.N., 1968)

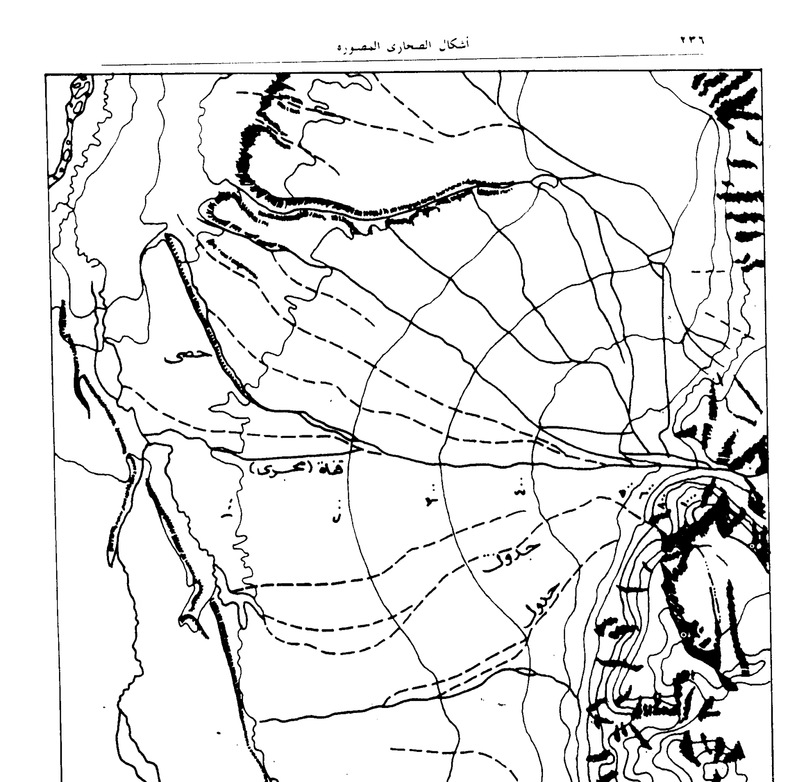


(شكل ٨٥) مجســم لمروحة فيضية

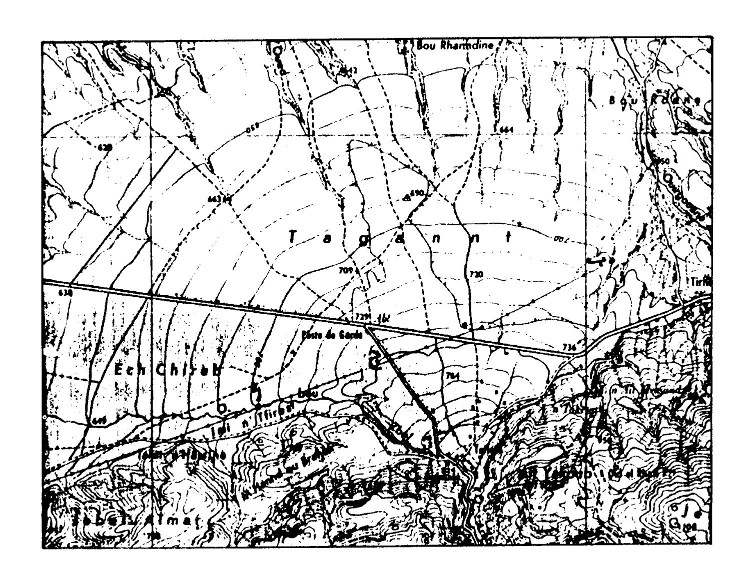




(شكل ٨٦) تطورونمو المراوح الفيضية نتيجة تتابع السيـول الصحراويـة



(شكل ٨٧) مورفولوجية إحدى المراوح الفيضية



(شكل ٨٨) خريطة كنتورية لمروحة فيضية لمصب وادى تاقانت بالمغرب.



(صورة ٨٧) مروحة فيضية دلتاوية بالقرب من ميناء العقبة الأردنى. لاحظ تقدم المروحة وإقتطاع أجزاء من البحر الأحمر بتوالى تراكم الرواسب الفيضية على قاعه.
(After Shelton, I.S., 1966)



(صورة ٨٨) مروحة فيضية فى وادى ديث - كاليفورنيا Death Valley
(Science Air Photoes)



(٣) الباجادا–الباهادا Bajada - Bahada

الباجادا مصطلح اسبانى الأصل، انتشر فيما بعد وحُرف إلى بهادا بالمناطق شبه الجافة جنوب غرب الولايات المتحدة، وهو يعنى القسم السفلى الرسوبى من المنحدرات الجبلية الصحراوية ، ويتميز بإنحداره البسيط الذى لايتعدى السبع درجات، بينما يتراوح انحدار الواجهة الجبلية التى تعلوه بين ١٥درجة والزاوية القائمة.

وتتشكل الباجادا من مجموعة متلاصقة من الارسابات المروحية التى تغذيها المسيلات المقطعة للواجهة الجبلية، وباصطدام مياه هذه المسيلات بسطح الأرض المنبسط عند اقدام الجبال تقل سرعة الجريان فتفترش حمولتها مروحياً. وتحتوى ارسابات الباجادا على الرواسب المائية من حصى وغرين مختلطة مع بعض الجلاميد المنطمرة التى نقلتها السيول الطينية، وعموماً فإن رواسب الباجادا تكون مشتقة من المناطق الجبلية المتاخمة لها، ويدق حجمها بالاتجاه لأسفل[1]

---

(١) راجع علاقة الباجادا بمنحدر البيدمونت، بالفصل الثانى، وعلاقته بالبلايا على الصفحات التالية من هذا الفصل.

ثانيا : أشكال الارساب الحوضى

تعريف

تضم أشكال الإرساب الحوضى مجموعة الظاهرات الجيومورفولوجية المتشكلة نتيجة الإرساب بفعل المياه فى الأجزاء الحوضية المقعرة من سطح الأرض بالأقاليم الجافة وشبه الجافة.

العوامل المؤثرة فى تحديد أشكال الإرساب الحوضى:

١ – صلابة الصخر وخصائصه البنيوية.
٢ – درجة انحدار سطح الأرض.
٣ – حجم المياه الساقطة على الإقليم.
٤ – كثافة الغطاء النباتى.
٥ – طبيعة المواد المنقولة على سفوح المنحدارت بالمنطقة.
٦ – مستوى الماء الباطنى ومدى تذبذبه موسمياً.

(١) البلايا (البحيرات السبخية) **Playas**

مصطلح اسبانى يطلق فى امريكا على مناطق حوضية مستوية الأسطح، تشكل أخفض بقاع هذه الأحواض، تمتلىء جزئياً بالرواسب التى تجلبها الأودية من المرتفعات المجاورة، وقد تكوّن مسطحات مائية فصلية أو دائمة، وعلى ذلك يمكن تصنيف البلايا إلى عدة مجموعات تبعاً لإختلاف مائيتها هى:-

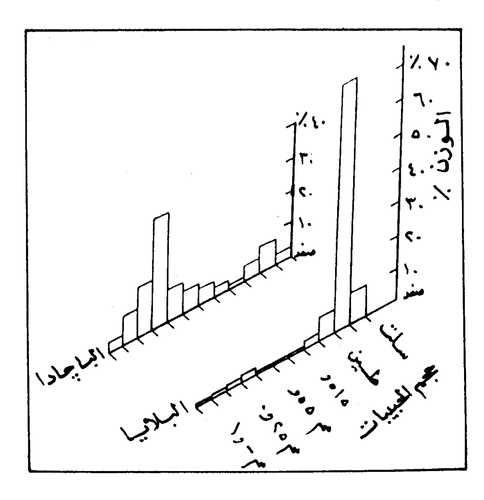
١ – بلايا جافة Dry Playa.
٢ – بلايا رطبة Moist Playa.
٣ – بلايا موسمية Seasonal Playa.

كما تصنف البلايا حسب نوع الارسابات المتراكمة على قيعانها مثل البلايا الجيرية Lime Playa ، والبلايا الملحية المتبلرة Crystal Body Playa، والبلايا الطينية Mud Playa.

ويمثل البلايا السطح السهلى المنخفض عند أطراف منحدرات البيدمونت، حيثما

يستمر سطح الأرض فى صعوده التدريجى بمعدل اقصاه سبع درجات، وعند الطرف العلوى لمنحدر البيدمونت يتغير الانحدار فجائياً إلى مواجهة الحائط الجبلى. ولذا تستدق ارسابات البلايا البحيرية قياساً بمكونات الباجادا الخشنة المتراكمة عند حضيض المرتفعات.

وقد ترتبط بعض البحيرات السبخية بالمناطق ذات النشاط التكتونى، حينما تتواجد المواضع الحوضية بما يسمح بتسرب المياه سطحياً، مثل البحيرات المنتشرة فى صحارى اتكاما وموجاف ووداى ديث بكاليفورنيا. كما ترصع بحيرات البلايا أرضية منخفضات سيوه والداخلة والخارجة والقطارة بالصحراء الغربية المصرية (جوده، ١٩٩٠).



(شكل ٨٩) مقارنة بين حجم حبيبات الرواسب فى البلايا والباجادا
(بصحراء موجاف - كاليفورنيا)

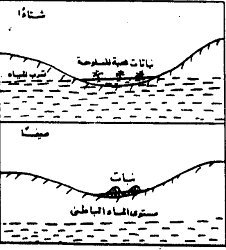
(٢) السبخة Sabkha - Sebkha

السبخة مصطلح عربى الأصل يشير إلى منخفضات صحراوية مسطحة تتأثر بذبذبة مستوى الماء الباطنى، فتمتلىء بالمياه حينما يرتفع هذا المستوى حاملاً معه بعض الأملاح الذائبة، لتترسب على السطح خلال فصل الجفاف مشكله قشرة ملحية صلدة. وتتكون معظم مواد السباخ من الإرسابات الطينية المشبعة بالأملاح، ولذا يطلق عليها أحيانا المسطح القلوى Alkali flat.

وتنمو بالسباخ مجموعات من النباتات المحبة للملوحة، تعمل كمصايد للرمال وقت الجفاف، فتتراكم عليها مكونة كومات محدودة الإرتفاع (النباك – النبكات Mounds). وهناك العديد من الدراسات التى أجريت على الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالسباخ، ولعل أبرزها الدراسة التى قدمت عن سباخ شبه جزيرة قطر (محمود عاشور وآخرون، ١٩٩١)

وقد تتأثر السباخ الساحلية بتيارات المد فترفع من منسوب مياهها، كما تسهم بعض المجارى المائية الجوفية فى تغذية السباخ بالمياه تحت السطح، مثل الشطوط Shotts المنتشره على سواحل تونس والجزائر، حيث تغذيها بعض المجارى الجوفية المقطعة لجبال أطلس بالمياه.

وبذلك تتميز مسطحات البلايا عن السبخات فى انسياب المياه إليها سطحياً بما تحمله من رواسب، على حين ترتبط السباخ بمستوى الماء الباطنى على اختلاف مصادره.



(شكل ٩٠) تأثر السبخات بتذبذب مستوى الماء الباطنى

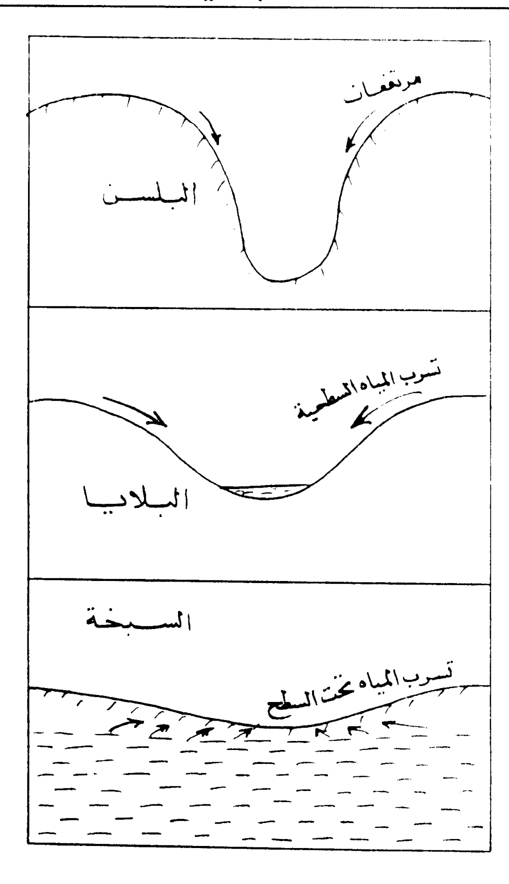
(٣) الحـوض الجبلى «البلسن» Bolson

الحـوض الجبلى أو «البلسن Bolson» مصطلح اسبـانى انتشر على نطـاق واسع بجنوب غرب الولايات المتحدة وشمال المكسيك، وكذلك بحوض تاريم ومنغوليـا ووادى الأردن.

ويتشكل البلسن كنطاق حـوضى تطوقـه حوائـط جبليـة عاليـة، مقطعـة بالأوديـة الجافة، التى تصب مياههـا بـالمنخفض. ويتـوسط الحـوض الجبلى عـادة بحيـرة، أو ملاحة، أو سبخة يتوقف نموها على العلاقة بين معدل البخر بالإقليم وحجم التصريف الوارد للحوض. وهى بذلك تعد كمستويات قاعدة مؤقته ليست لها علاقـة بمستـوى القاعدة العام، فقد تكون فوقه بكثير، أو دونه بكثيـر، وينتهى مصيـر هـذه الأحـواض بالإمتلاء برواسب الوديان نتيجة ارتفاع قاعهـا المستمـر.

(٤) الرواسب البحيرية الحفرية Fossiliferous Lacustrine Deposits

قد تنكشف بعض البحيرات البحيرات القديمة التى تشكلت خلال ظروف مناخية سابقة، ويستدل على نشأتها بـدراسة بقايـا رواسبهـا، والوقـوف على خصائص بيئتهـا الترسيبية. فحينما يتحول المناخ للجفاف تظهر بقايا الرواسب البحيريـة كتـلال تبـرز بضع عشرات أو مئات الأمتار فوق المستوى العام لسطـح الحـوض، وتصبـح بـذلك عرضة لعوامل التعريـة الحديثـة لتمزقهـا مـن جديـد. ولعـل بقايـا الـرواسب المنتشرة بـوادى فيـران بجنـوب شرق سينـاء خيـر شاهـد على ذلك. وتشغـل أيضاً الـرواسب الطينية الرملية القديمة قاع حوض سولتون بجنوب شرق كاليفورنيـا، وتظهـر كتـلال فوق السطح وتعرضت للتآكل السريع وتشكلت بها أعداد كبيرة من القنوات المتعمقة فى تكويناتهـا الهشة.



(شكل ٩١) البلسن والبلايا والسبخة



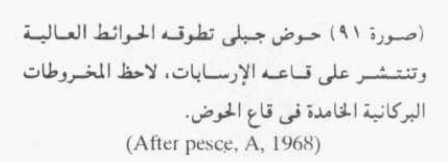
(صورة ٨٩) نطاق من البجادا غرب الولايات المتحدة الأمريكية، لاحظ تجمع المياه المحملة بالرواسب فى البلايا بمنتصف الصورة.
(After Shelton, I.S, 1966)



(صورة ٩٠) بلايا رسوبية بوادى ديث - كاليفورنيا
(U.S. Forest Service)



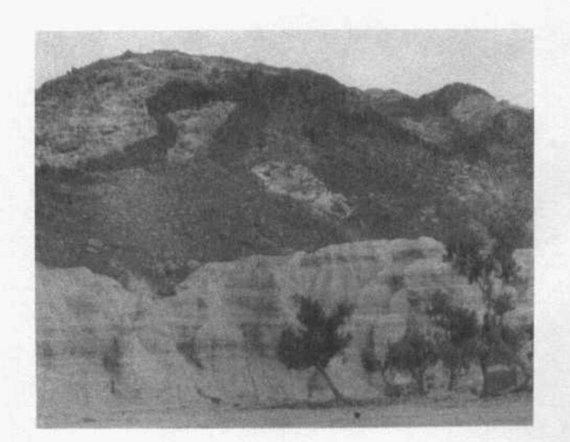




(صورة ٩١) حوض جبلى تطوقه الحوائط العالية وتنتشر على قاعه الإرسابات، لاحظ المخروطات البركانية الخامدة فى قاع الحوض.
(After pesce, A, 1968)



(صورة ٩٢) تشققات القشرة الطينية المتكونة على سطح السبخة بعد جفافها، خليج سرت - ليبيا .



(صورة ٩٣) رواسب بحيرية حفرية بالجزء الأوسط من وادى فيران جنوب سيناء.



ثالثا : الارساب (الهوائى) بالرياح

إن الإرساب الهوائى ليس قاصراً على المناطق الصحراوية، فهناك ارسابات رمليـة فى مناطق غير صحراوية مثـل شواطىء البحـار والمحيطـات، وعلى ضفـاف الأنهـار فى العروض شبه الصحراوية، وفى الأجزاء ذات الأحجـار الرمليـة المتأثـرة بعمليـات التفكك الصخرى ، وغيرهـا..

وتحدث عملية الترسيب الهوائى نتيجة حركة الرمال والأتربة والغبار مـع الطبقـة السطحية من تيارات الهواء الملاصقة لسطـح الأرض، وميـز Bagnold 1941 ثلاث وسائل تتم بها حركة الحبيبـات الرمليـة هى:-

(أ) التعلـــق **Suspension**

تتحرك بهذه الطريقة الحبيبـات الدقيقـة التى تقـل أقطارهـا عـن ٠,٢مـم ، وتظـل الحبيبات عالقة مع التيارات الهوائية السطحية لمسافات بعيدة قبل إلقاءها على سطـح الأرض، عند سكون الرياح أو اصطدمها بأى عائق، ولاتسهم هذه الطريقـة إلا بقـدر يسير من حجم الترسيبات الهوائيـة.

(ب) القفـز **Saltation**

تدين معظم الحبيبات الرملية التى تزيد أقطارها عـن ٠,٢مـم إلى الحركـة بالقفـز مع الهواء، وذلك لأن التيارات الهوائية السطحية لاتكون منتظمـة الانسيـاب، وتندفـع عادة كهبات صاعدة سرعان ما تهدأ مرة أخرى، ومع كل دفعة هوائيـة تحمـل معهـا ذرات الرمال قافزة لأعلى فتتحرك قدما لمسافات تتناسب مع سرعـة الريـح وأحجـام الحبيبات المنقولة، ولذا تتخذ كل حبة مساراً مقوساً فى الهواء شبه اهليلجى، وحينما تصطدم هذه الحبيبات بسطح الأرض، قد يتحرك بعضها لأعلى مـرة إخـرى، ليكـرر حركته المتقدمة من جديد، والبعض الآخر يستقر مؤقتا فى موضع سقوطه تبعاً لقـوة الدفع الهوائى للحبة القافـزة.

(ج) الزحف السطحى Surface Creep

قد تكون شدة التيارات الهوائية غير قادرة على دفع بعض الحبيبات الرملية الكبيرة بالقفز لأعلى، فتبدأ بالزحف على السطح، وتتقدم فى حركة بطيئة متقطعة فى الإتجاه العام للرمال القافزة مع الريح.

وينتهى مصير الحبيبات الرملية المتحركة بأى صورة من صور الحركة السابقة إلى الإستقرار على سطح الأرض متخذاً أحد الإشكال الثلاثة الأتية:

(أ) الترسيب Sedimenation

تحدث عملية الترسيب فى حالة ضعف طاقة التيار الهوائى، أو حينما تزيد الحمولة المنقولة بالنسبة لشدة الرياح الناقلة لها، عندئذ لاتجد بعض الحبيبات أو كلها القوة الدافعة لاستكمال رحلتها، فسرعان ما تهدأ أو تستقر على السطح.

(ب) حشو الفراغات Accretion

أحياناً تجد بعض الحبيبات القافرة أو الزاحفة بعض الثقوب أو الفجوات الملائمة لإستقرارها على السطح، فتعمل على حشوها والإستقرار بداخلها.

(ج) التوقف والتكدس Stoppage and Encroachment

تحدث هذه العملية إذا ما اعترضت مسار الرياح عقبة، فتتوقف حركة الرمال الزاحفة بوجه خاص، ولكن قد تتمكن بعض الرمال القافزة فى الهواء من مواصلة رحلتها. وهناك عدة أنماط لهذه العقبات منها العقبات الطبوغرافية الموجبة كالحافات والتلال والروابى، وأيضا الشجيرات، أو الأعمدة والأسوار وغيرها من أوجه التدخل البشرى. وأحيانا ما تكون العقبة الطبوغرافية سالبة مثل التغير الفجائى فى درجات الانحدار عند المقعرات الأرضية، وأيضاً المنخفضات والحفر والنتوءات. وكثيراً ماتعمل الرطوبة الأرضية كعقبة تعوق حركة الرمال، حيث تساعد على تماسك الرمال فتشل حركتها وتمنع تقدمها.

أشكال الإرساب الهوائى Eolian Deposition Features

تعد اشكال الإرساب الناجمة عن فعل الرياح بالصحارى أكثر شيوعا من أشكال النحت، ويمكن تقسيم هذه الإشكال إلى نمطين هما: التجمعات الرملية (الإرساب الرملى) Sand Accumulation وإرسابات اللوسLosses Deposition التى حدثت خلال عصر البلايستوسين، ولكن يرتبط النمط الأول بالاقاليم الجافة من سطح الأرض.

التجمعات الرملية (الإرساب الرملى) Sand Accumulation

هناك العديد من الأشكال الجيومورفولوجية التى تنشأ عن الإرساب الهوائى للرمال، فهناك التجمعات الرملية المقيدة، أى التى ترتبط فى تكوينها وتدين إلى وجود عوائق طبيعيةكالنباتات، وهناك التجمعات الرملية الحرة أى غير المقيدة. ولكن لازالت ميكانيكية هذه الأشكال غير واضحة حتى الآن، وعلى الرغم من هذا التحفظ يمكن تمييز أهم هذه الأشكال فى مجموعتين هما:

(أ) مجموعة الأشكال الرملية الدقيقة

تشتمل هذه المجموعة على بعض الأشكال الرملية الصغيرة الحجم وأهمها:

نيم الرمال - علامات النيم - نيم الرياح Ripples:

يرتبط تشكيل نيم الرمال (النيم) ارتباطاً وثيقا بعملية التذرية، فإذا تحركت حبات الرمل القافزة على سطح رملى عديم الانتظام، أى مموج التضاريس فإن السفوح المواجهة للرياح ستصطدم بها هذه الحبات أكثر من السفوح الواقعة فى ظل الرياح، وكذلك فعملية الزحف على السطح المواجه للرياح، ستكون أشد من السطح المضاد، ونتيجة لتوالى وتكرار هذه العملية مع كل لفحة هوائية، يزداد تضرس التموجات الرملية، ولكن فى نفس الوقت كلما ارتفعت قمم النيم فانها تتداخل باطراد، حيث تسفى حبات الرمل من القمم وترسب فى الأحواض، ولذا نجد أن الارتفاع الأقصى الذى يبلغه النيم يكون محدود.

(ب) مجموعة الأشكال الرملية الكبرى

تشتمل هذه المجموعة على الأشكال الجيومورفولوجية الكبيرة الحجم وأهمها:

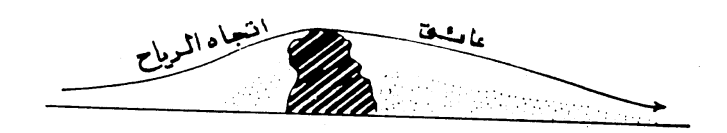
«١» التجمعات الرملية حول العقبات (الجيوب الرملية)

(أ) ظلال الرمال **Sand Shadows**

عند وجود أى عقبة موجبة فى مهب الريح المحملة بالرمال كجلمود مثلاً، تتراكم الرمال عند قاعدة العقبة المواجهة للرياح، وتتساقط بعض الذرات الدقيقة العالقة بالهواء على الجانب المحمى خلف العقبة، ومع استمرار تراكم الرمال تغطى معظم أجزاء العقبة فتنهال الرمال على الجانبين معاً، ويتوقف نمو كومة الرمل عند هذا الحد، ويطلق عليها فى هذه الحالة اسم ظل الرمل Sand Shadow، أما إذا كان العائق عبارة عن شجيرة، فيطلق على الكومات الرملية المتراكمة حولها اسم النباك أو النبكات Mounds وخاصة بالمسطحات السبخية الملحية.

«ب» الأشرطة الرملية **Sand Drifts**

حينما تهب الرياح فوق اسطح الهضاب المستوية فى اتجاه حوافها، فإنها كثيراً ما تلقى بحمولتها عند قواعد هذه الحافات المحمية من تأثير الريح على شكل كومات طولية موازية لامتدادها، وإذا كانت الحافة مقطعة بالمسيلات الجبلية، نجدأن الرمال تتكاثف وتغطى مداخل هذه المسيلات الخانقية.



(شكل ٩٢) تراكم الرمال عند قاعدة عائق صحراوى

(٢) الكثبان الرملية **Sand Dunes**

يعرف الكثيب على أنه كومة من الرمال المتحركة لاتدين فى نشأتها وتشكيلها إلى أى عائق ثابت أمام الرياح، سواء كان هذا العائق طبيعياً أو بشرياً، وعادة ما تتكون فوق السطوح المستوية.

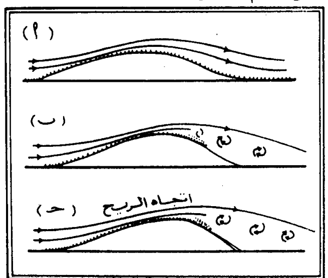
ويطلق على تجمعات الكثبان الرملية العديد من المسميات مثل المستعمرات الكثيبية Dune Colonies أو السلاسل الكثيبية Dune Chains، أو الكثبان المركبة أو التجمعات الكثيبية Dune Complexes.

تعد الكثبان الرملية أهم الظاهرات الناجمة عن الإرساب الهوائى، وهى تتخذ العديد من الأشكال الجيومورفولوجية التى يمكن تصنيفها تبعاً لعدد من العوامل هى:-

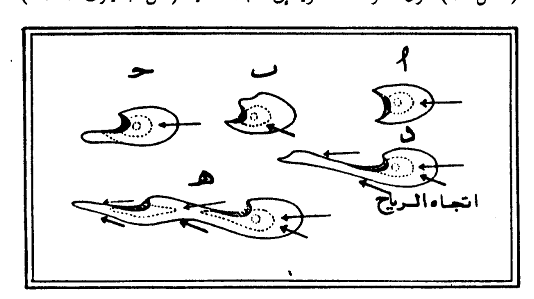
١ - اتجاه الرياح السائدة.
٢ - حجم الكثيب.

٣ - شكل ترسيب الكثيب ومدى تعقده.
٤ - بيئة ترسيب الكثيب.
٥ - أسلوب نشأة الكثيب.
٦ - درجة تطور ونمو الكثيب.

وتعتبر الكثبان الرملية من أغرب مظاهر الأشكال الأرضية، بسبب ما يحيط بظروف النشأة وعوامل التشكيل من غموض، فهذه الكثبان تشبه الكائنات الحية، فهى تولد وتنمو وتتحرك وتتوالد وتهرم فتموت لتدفن، كما أنها تتخذ العديد من الأشكال، وفيما يلى عرض لأهم مظاهرها:



(شكل ٩٣) تحول الكومات العفوية إلى كثبان هلالية (عن البحيرى، ١٩٧٩)



(شكل ٩٤) تحول الكثبان الهلالية إلى غرود

(أ) الكثيب الهلالى «البرخـان» Barchan

مصطلح برخـان Barchan تركستـانى الأصل، وهـو عبارة عـن كثيب قـوسى الشكل، يتميز بوجود طرفين يمتـدان إلى الجهـة التى تندفـع نحوهـا الريـاح. ويظهـر جانب البرخان المواجه للرياح محدباً طويلاً هين الانحدار (٦–١٧ درجـة)، ويطلـق عليه تعبير ظهر الكثيب، أما جانبه الآخـر فيبـدو مقعـراً شديـد الانحـدار (٣٣– ٣٥ درجة) ويسمى بواجهـة الكثيب.

وينبغى توافر ثلاثة شروط لتشكيـل الكثبـان الهلاليـة هى:–

١ – انتظام هبوب الرياح من اتجاه ثابت معظـم الفتـرات.
٢ – تنقل البراح فى حركتها حمولة متوسطة من الرمل، أى ليست كميات ضخمة أو شحيحة.
٣ – تراكم الرمال على سطح مستو تفرشه الحصرات ويخلـو مـن الغطـاء النبـاتى.

وإذا لم يتوافر للكثيب الشروط الثلاثة السابقة، تحول عنـه إلى أى نمـط آخـر من الكثبان.

وتنشأ الكثبان الهلالية بتحول كومات الرمال العفوية تدريجياً إلى كثبان متحركـة مع الريح، لأن الجوانب المواجهة للرياح تتعرض لإزالة الرمال عند قواعدها وتراكمها عند القمم، فتتحول الأكوام إلى تلال غيـر منتظمـة الانحـدار على جانبيهـا، وتصبـح الجوانب المواجهة للريح هينة الانحدار والأخـرى شديـدة الانحـدار، بسبب انهيـال الرمل على سفوحها، فيزحـف الكثيب ببـطء للأمـام. ولكـن يتفـاوت معـدل تحـرك أجزاء الكثيب، فالأطراف تتقـدم على كـلا على الجانبيـن أكثـر مـن وسطـه، بسبب تزايد سرعة الرياح عند الطرفين، ولذا تنعطف هذه الأطراف وتمتد على شكل قرنين Horns، ويصبحان فى مأمن من الريـاح الشديـدة.

(ب) الكثبان الطولية «السيوف – الغرود» Longitudinal Dunes

تنشأ الكثبان الطوليـة أو السيـوف بصورة موازيـة لإتجـاه الريـاح السائـدة، وتبـدأ هذه الكثبان دورة حياتها بكثبـان هلاليـة فى بـادىء الأمـر، ثـم تتحـول إلى سيـوف،

حينما تتعرض إلى رياح جانبية تتقاطع مع الإتجاه العام للرياح الدائمة. وعندئذ يستطيل أحد قرنى البرخان أكثر من الآخر، وإذا ماتكرر هبوب الرياح الجانبيه لفترات زمنية طويلة، يستمر هذا الجانب فى النمو الإستطالة، ويتحول إلى كثيب ممتد طولياً، وهو يتألف فى حقيقة الأمر من مجموعة قمم هلالية الأصل، متفقة فى إتجاهها العام الموازى لإتجاه الرياح الدائمة.

ويصل طول بعض السيوف أو الغرود فى صحارينا المصرية لنحو ٣٥٠كم، وأشهرها غرد أبى المحاريق بالصحراء الغربية، الذى يتحرك بمعدل عشرة أمتار سنوياً، ويتوقف شكل وحجم السيوف على عدد من العوامل أهمها:

١- إختلاف طبيعة المواد التى تشكل منها.
٢- إتجاه الرياح السائدة.
٣- الفترة الزمنية التى تكون خلالها السيف.
٤- خصائص شكل سطح الأرض الذى تكون عليه السيف.

(جـ) الحواجز الرملية العرضية **Sand Ridges-Transverse Dunes**

الحواجز الرملية فى وضع عمودى على اتجاه الريح، وتتشكل حينما يحتوى الرمل المنقول على حبات خشنة وأخرى ناعمة، حيث يؤدى تراكم الحبات الخشنة فوق قمم الحواجز إلى فشل الرياح فى نقلها مرة أخرى، وتسهم بالتالى فى زيادة إرتفاعه. وينحدر الكثيب العرضى إنحداراً هيناً فى جانبه المواجه للرياح، وينحدر الجانب المظاهر لها إنحداراً شديداً قد يصل إلى حوالى الخمس وثلاثون درجة، متفقاً فى هذا مع البرخانات.

(د) أظهر الحيتان – الجسور الرملية **Whalebacks -Sandlevees**

عبارة عن سلاسل أو جسور رملية هائلة الحجم، تشبه السيوف فى إمتدادها الموازى لاتجاه الرياح، إلا أنها تختلف عنها فى بعض خصائصها مثل:-

١ – تبدو أظهر الحيتان مسطحه القمة بعكس السيوف الحادة المسننة.
٢ – تتميز جوانب أظهر الحيتان ببطء الانحدار، بينما يشتد انحدار أحد وجهى

٣ – ظهر الحوت أكبر حجما من السيـف، إذ يصل طـول ظهـره لأكثـر مـن ٢٠٠ كم، وعرضه يتعدى ٣ كم، وارتفاعـه حـوالى ٥٠ متـر.
٤ – تعد أظهر الحيتان من الأشكال الرملية الميتة عديمة الحركـة، أى على النقيض من البرخانات، والغرود المتحركـة.
٥ – تنشأ أحياناً بعض الكثبان الطولية المحدودة الحجم متراكمة فوق أظهر الحيتان.

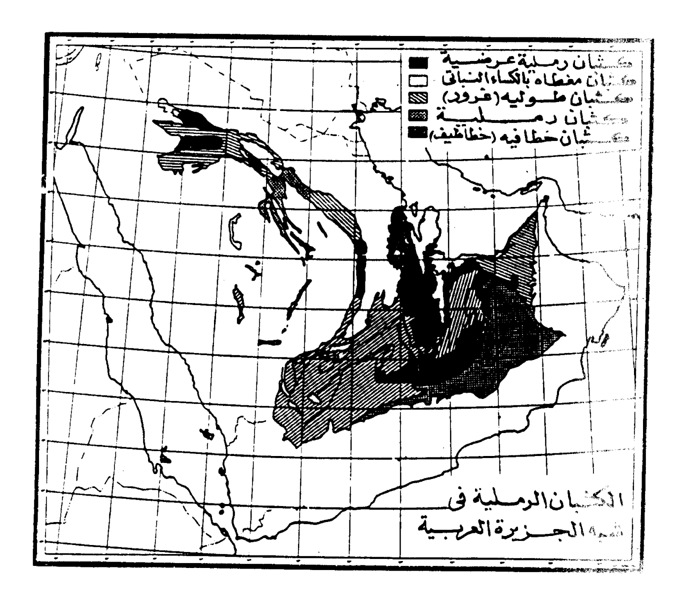
(هـ) الكثبان النجمية **Star Dunes**

تتشكـل الكثبـان النجميـة حينمـا تـأتى الريـح فى مناوبـات مـن عـدة اتجاهـات، ويتناسب عدد أذرع النجـوم الرمليـة، وطـول كـل ذراع منهـا مـع اتجاهـات الريـاح السائدة، إذ تبدو اشكالها متوافقة إلى حد كبير مع وردات الريـاح لإقليـم تشكيلهـا. وينتشر هذا النوع مـن الكثبـان الرمليـة فى التركستـان، وصحـراء ثـار شمـال غـرب الهند، وبعض أجزاء الصحارى الاستراليـة.

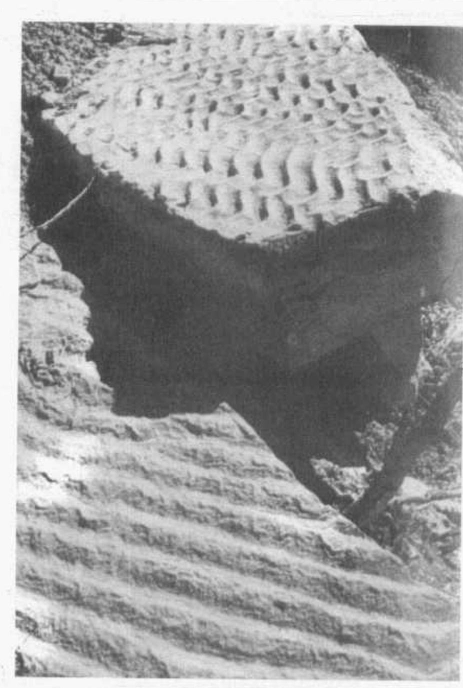
(و) التطور المورفولوجى لأشكال الكثبان الرمليـة

نخرج مما سبق بأن الكثيب الرملى دائم الحركة، ويتبدل شكله من حين لآخـر، ليتكيف مع بيئته الترسيبية. فالكومات الرمليـة التى تتراكـم بصورة عفويـة فى بـادىء الأمر تتحـول بالتدريـج إلى كثيبـات هلاليـة تستديـر جوانبهـا وتنثنى أطرافهـا، لتبـدو كبرخانات تتحرك بتؤدة وتـروى مـع الريـاح. ويحافـظ الكثيب على شكلـه الهـلالى مع ثبات ظروفه البيئية، ولكن إذا ما طرأ أى تغير على تلك الظروف يتحـول الكثيب إلى النوع الحلزونى Sigmoided Dune، أما إذا اتت الريح من عدة اتجاهات يميل الكثيب إلى الشكـل النجمىStare Dune.

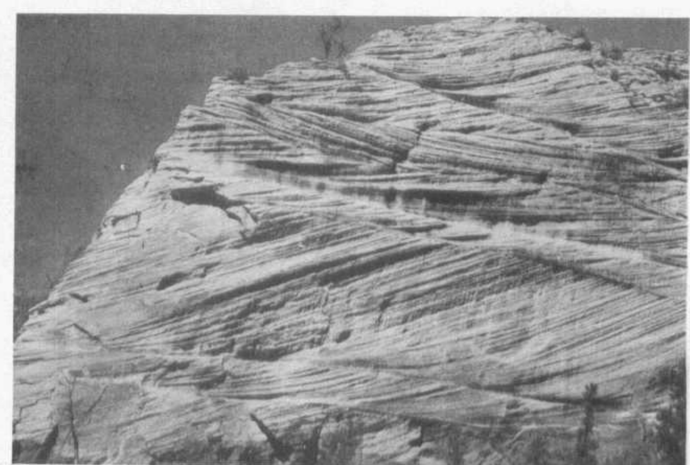
أما انسب الظروف المواتية لنشأة الغرود الطولية فتتأتى عندما تقبل الريح الدائمـة من اتجاه غالب، تؤازرها رياح آتية من إتجاهين جانبيين لتعطى الرياح الدائمة للكثبان محاورها الطولية، بينما تعمل الرياح الجانبيـة على ضيـق عروضهـا.



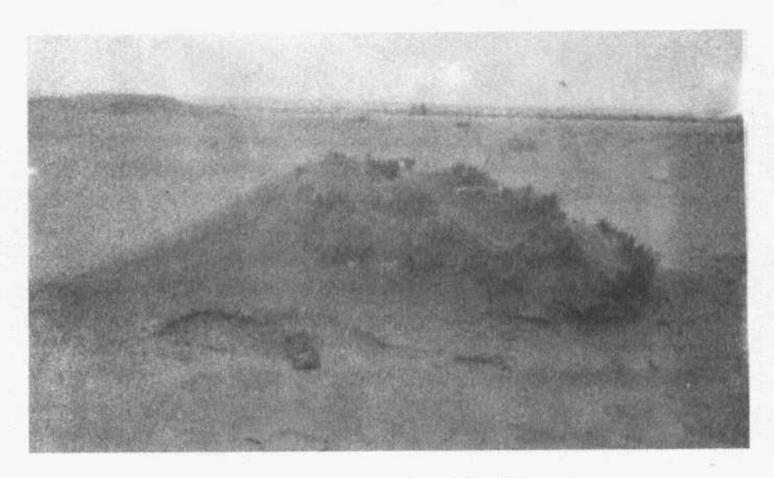
(شكل ٩٥) التوزيع الجغرافى لأنماط الترسيب الرملى فى شبه الجزيرة العربية



(صورة ٩٤)علامات النيم تبدو محفوظة على الأحجار الرملية.



(صورة ٩٥) مقطع فى كثيب رملى متحجر تظهر عليه طبقات الترسيب الهوائى المتقاطعة، وبدراسة إتجاهات هذه الطبقات يمكن تحديد إتجاهات الرياح القديمة.

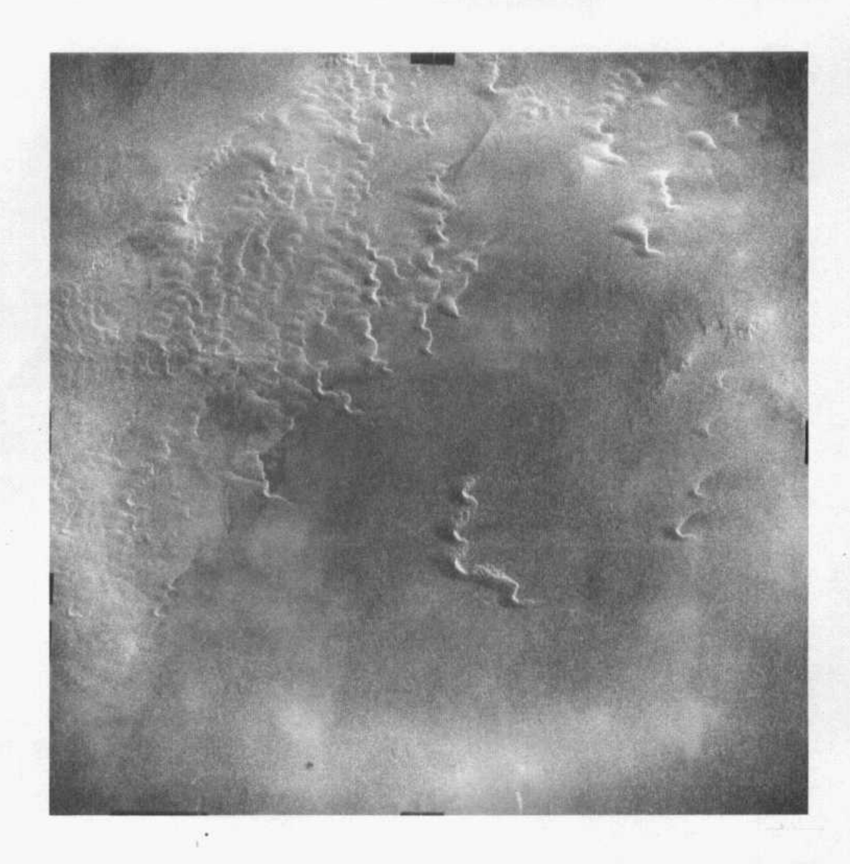


(صورة ٩٦) نبكة بمنخفض قريشت شرقى منخفض سيوه



(صورة ٩٧) صورة جوية مائلة لمجموعة برخانات فى صحراء موجاف - كاليفورنيا، لاحظ تطور كومات الرمال المتحركة إلى الأشكال الهلالية.
(After Shelton, I,s., 1966)

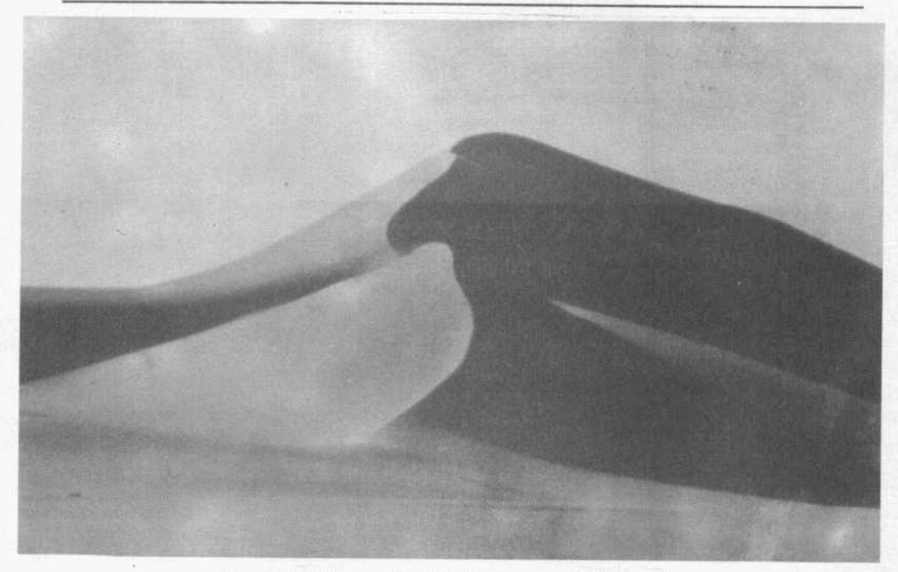




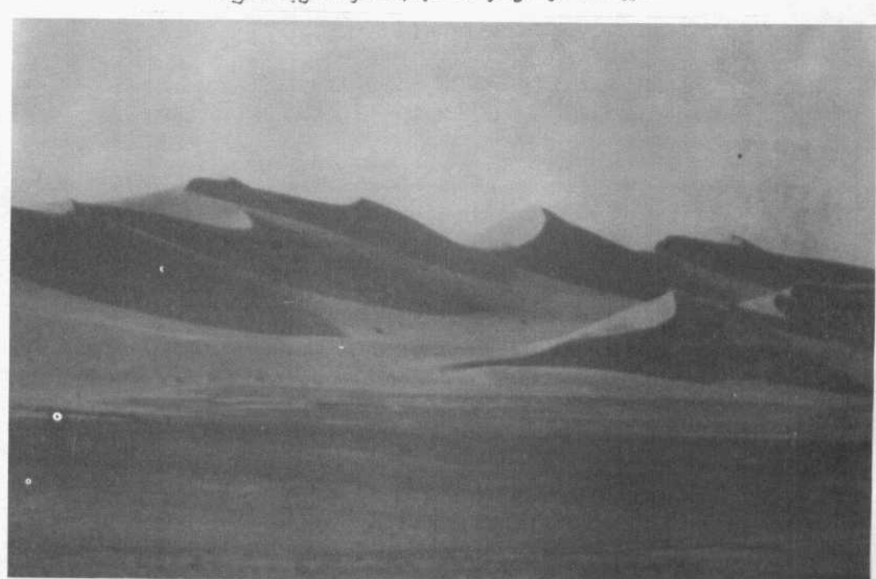
(صورة ٩٨) صورة جوية توضح نطاق من الكثبان الهلالية بالصحراء الجزائرية لاحظ إتجاه هبوب الرياح المسببة لحركة الكثبان

(مهداه من Prof .D Chorley, R.)





(صورة ٩٩) جزء من غرد القطانية بالصحراء الغربية المصرية.

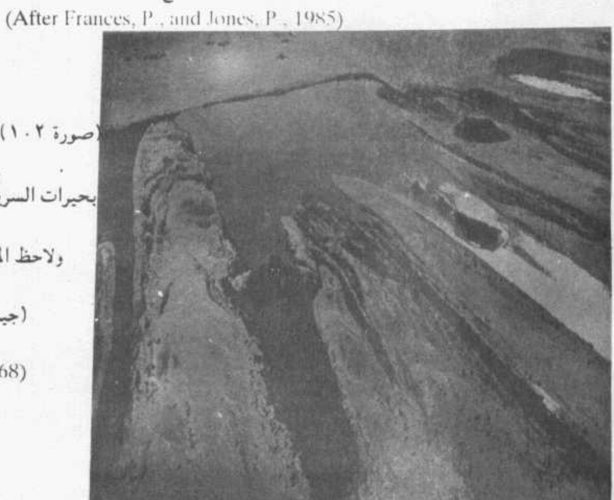


(صورة ١٠٠) كثيب طولى يتألف من مجموعة متلاصقة من الكثبان الحلزونية الهلالية الأصل Sigmoided dunes.



(صورة ١٠١) مرئية فضائية للكثبان الرملية الطولية بمنطقة «وهيبة» بسلطنة عمان، كما تظهر فى الصورة مجموعة من حقوق البترول تمثلها البقع الصغيرة الداكنة «ألوان حقيقية».

(After Frances, P., and Jones, P., 1985)



(صورة ١٠٢) مرئية فضائية لبحيرة أونيانجا أكبر بحيرات السرير الليبى تطغى عليها الكثبان الطولية، ولاحظ المخروط البركانى وسط الصورة (جيمنى، ألوان حقيقية).

(After Pesce, A, 1968)



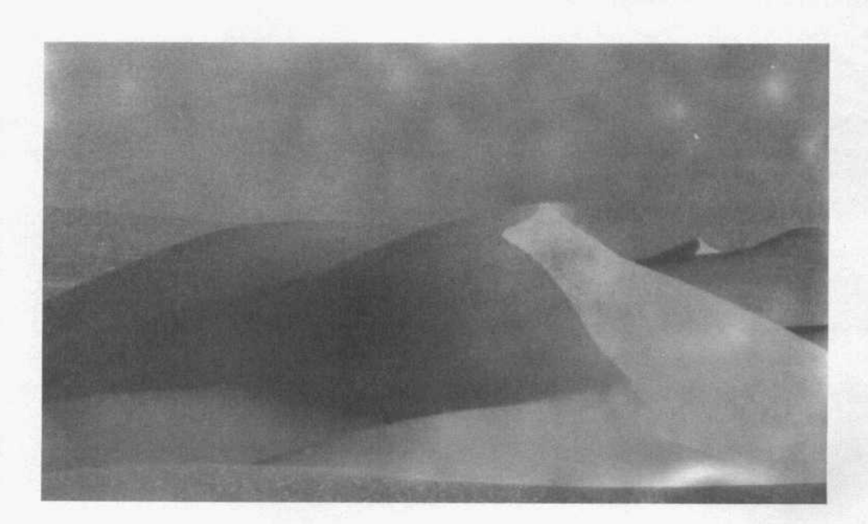


(صورة ١٠٣) صورة جوية توضح سيوف تغطى بطون بعض الأودية بصحراء الجزائر
(مهداه من .Prof. D. Chorley, R)



(صورة ١٠٤) مرئية فضائية لسيوف رملية بصحراء «سيمبسون» غرب كوينزلاند باستراليا. لاحظ السبخات التى تبدو باللون الأزرق الفاتح، والمناطق الزراعية باللون البنى القاتم «لاندسات، ألوان غير حقيقية

(After Frances, P., and Jones, P., 198[illegible])



(صورة ١٠٥) حاجز رملى عرضى جنوبى منخفض الجغبوب فى ليبيا، لاحظ تقدم ذرات الرمال عند قمة الكثيب.





(صورة ١٠٦) صورة جوية لمجموعة كثبان نجمية فى صحراء الربع الخالى بالمملكة العربية السعودية

(Science Air Photoes)



(صورة ١٠٧) تجمعات رملية تشبه الخنجر بالعرق الكبير الشرقى الصحراء الجزائرية «لاندسات، ألوان حقيقية»
(After Erances, P., and jones, p., 1985



الاشكال المتبقية

١- أسطح التعرية.

٢- التلال المتبقية.

٣- الحطام المتخلف «المتبقى».

٤- الروابى أو الأكام والقمم.

٥- أشكال الشواهد الصحراوية.

٦- فوهات اصطدام النيازك بسطح الأرض.

الاشكال المتبقية

تعريـــف:

تضم الأشكال المتبقية مجموعـة مـن الظاهـرات الجيومورفولوجيـة التى تتخلـف عـن عوامـل النحت والتعريـة المختلفـة، ويعـزى سبب بقائهـا إمـا إلى زيـادة صلابـة مكوناتها الجيولوجية، أو لتوقف تأثير عامل التعرية السائـد وبلـوغ سطـح الأرض إلى نهاية دورة تعرية، أو تغير الظروف المناخيـة السائـدة بالإقليـم.

(١) أسطح التعرية **Erosion Surfaces**

سطوح ذات تضاريس خفيفة كنتيجة نهائية لدورات التعرية الكاملـة أو النـاقصة، وتضم العديد من الأشكال الجيومورفولوجية مثل سفوح الجبال و التلال والجـروف البحرية، أى أن هذه السطوح تسهـم فى تشكيلهـا العديـد مـن عوامـل التعريـة سواء النهرية Fluvial، او التسوية البحرية Marine Planation، وغيرها.. ولكن لايصح أن يطلق هذا المصطلح على السطوح المكونة بالعمليات البنيوية أو البنائية الداخليـة.

ويمكن تصنيف سطوح التعرية إلى أنماط متعددة أهمها (ليلى عثمـان، ١٩٧٥):

(أ) السهول التحاتية **Peneplains**

هى الحصيلة النهائية لدورة التعرية المائية وفقاً لمفهوم ديفيز.

(ب) السهول التحاتية الفيضية **Panaplains**

السهول الناجمة عن التسوية الجانبية للأنهار والتحام السهول الفيضية المتجاورة.

(جـ) سهول التعرية البحرية **Plains of Marine Denudation**

مصاطب محدودة الاتساع مُشكلة بتأثير فعل الأمواج البحرية، وقد تختفى بعض السهول تحت الإرسابات الأحدث. ولكن عادة ما يكون السطح التحاتى البحرى النشأة أكثر استواءاً بالمقارنة بالسهل التحاتى وان كان ينحدر انحداراً محسوساً باتجاه البحر.

(د) سهول تراجع الجروف **Pediplains**

سطوح تنشأ عن تراجع الجروف أمام عمليات النحت، وتبرز فيها بعض الأشكال المختلفة.

(هـ) سطوح التعرية الجليدية وهوامش الجليد

سهول تنتج عن احتكاك الجليد بسطح الأرض خلال عصر البلايستوسين، وقد تظهر هذه الأسطح فى عروض مناخية تختلف عن ظروف تشكيلها القديمة.

(٢) التلال المتبقية **Redsidual Hills (Relict Hills)**

تلال محدودة الأرتفاع تبرز ناتئة بالسهول التحاتية، ويختلف مظهرها المورفولوجى تبعاً لإختلاف عامل تشكيلها وتركيبها الصخرى، ونظامها البنيوى. ويطلق على التلال المتبقية عدة مصطلحات تبعاً لإختلاف عامل التعرية المسئول عن تخفيض مستوى سطح الأرض حولها مثل:

١ - تل متبقى فى المناطق الجافة Inselberge

٢ – تل متخلف فى الأقاليم الرطبة Monadnock

٣ – التلال الكارستية المنعزلة Hums

(٣) الحطام المتخلف «المتبقى» **Residual Debris (Relict Debris)**

كتل صخرية وجلاميد وحصى متبقى عن عمليات النحت السابقة وتبدو هذه الظاهرة حينما تنجح عوامل التعرية فى تسوية سطح الأرض، بينما لم تتمكن عوامل النقل من إزالة الحطام الصخرى المتبقى عن هذه العملية فتتركه على السطح.

(٤) الروابى أو الأكام والقمم[1] **Mounds - Stacs - Summits**

قد تتخلف عن عمليات التجوية بعض الروابى أو الأكام والقمم المتفرقة نتيجة أحد عاملين هما:–

١ – وجود بعض العديسات الصوانية فى الصخور، مما يعمل على زيادة صلابتها ومقاومتها لفعل التحلل الصخرى، فتصمد مكونة بعض القمم البارزة فوق سطح الأرض.

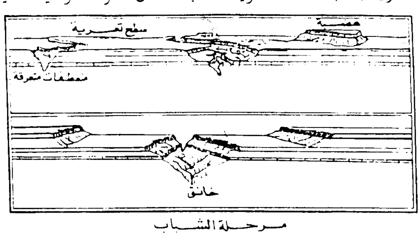
٢ – تذبذب مستوى الماءالباطنى رأسياً وتفاوت مسامية الصخور ومدى نفاذيتها مما يساعد على تباين درجة تأثرها بالتحلل المائى، فتظل الأجزاء عديمة النفاذية صامدة أمام العوامل الجوية بينما تُكتسح المواضع المشبعة بالماء بسهولة.

---

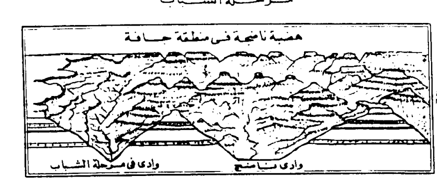
(١) راجع الأشكال المتبقية عن فعل التعرية؛ بالفصل الثالث.

(٥) أشكال الشواهد الصحراوية Desert Witnesses Features

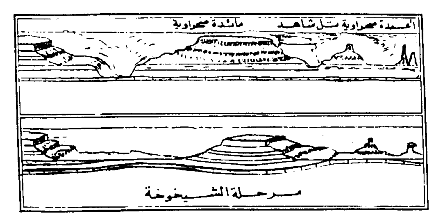
تعتبر أشكال الشواهد الصحراوية من الظاهرات الجيومورفولوجية المتخلفة عن نشاط عوامل التعرية بالطبقات الصخرية الأفقية خلال فترات زمنية قديمة[1]



مرحلة الشباب



مرحلة النضج



(شكل ٩٦) مراحل التطور الجيومورفولوجى لأشكال الشواهد الصحراوية

---

(١) راجع أشكال الطبقات الصخرية الأفقية بالفصل الثانى.

(٦) فوهات اصطدام النيازك بسطح الأرض

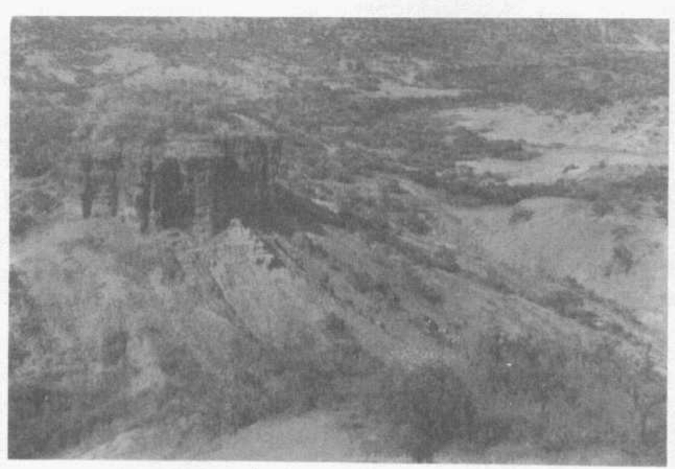
أحد الأشكال الجيومورفولوجية النادرة، وتحدث نتيجة اصطدم أحد النيازك بسطح الأرض، مكونا حفرة دائرية الشكل تتفق أبعادها مع حجم الكتلة الصخرية للنيزك.

وتتحول طاقة الحركة السريعة للنيزك إلى طاقة حرارية هائلة، تكون كافية لصهر صخور سطح الأرض مكونة شظايا زجاجية تتبعثر حول الفوهة، كما تتكون بعض الحفر الدائرية أو الفوهات الثانوية نتيجة اصطدام القطع المتناثرة من الفوهة الرئيسية.

Meteorite crater



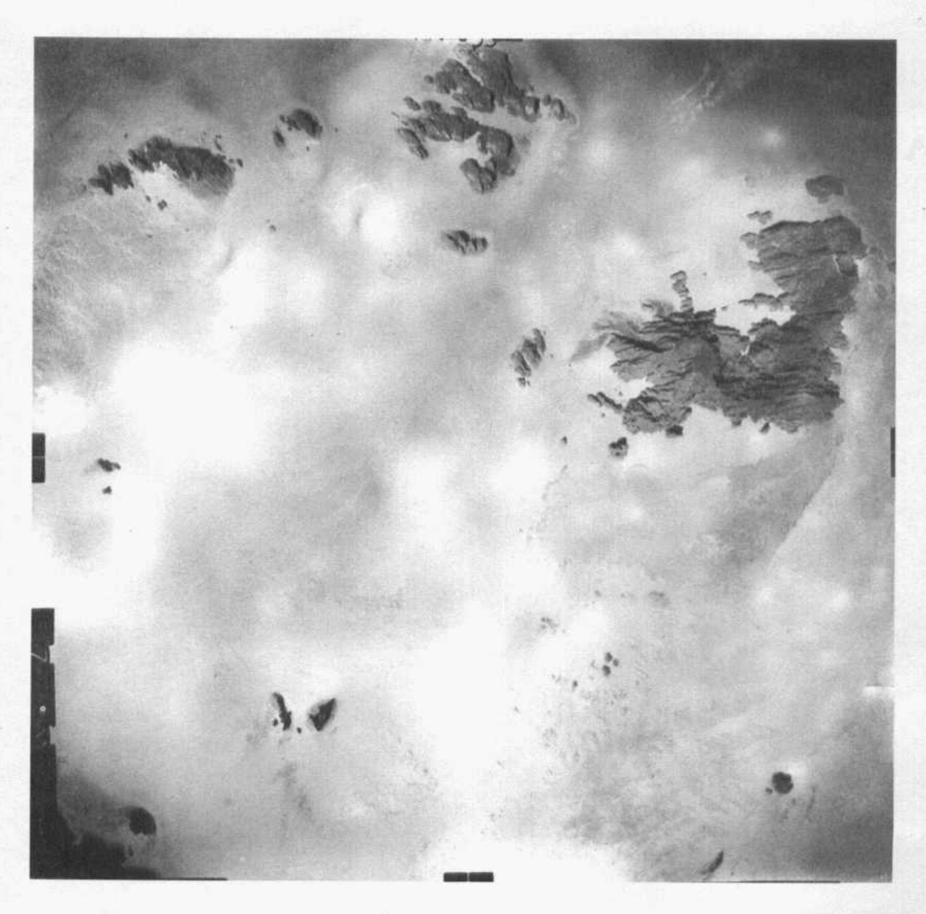
(شكل ٩٧) تكوين فوهات إصطدام النيازك بسطح الأرض



(صورة ٨ · ١) تل متبقى شمال تنزانيا
(After Money. D., 1974)

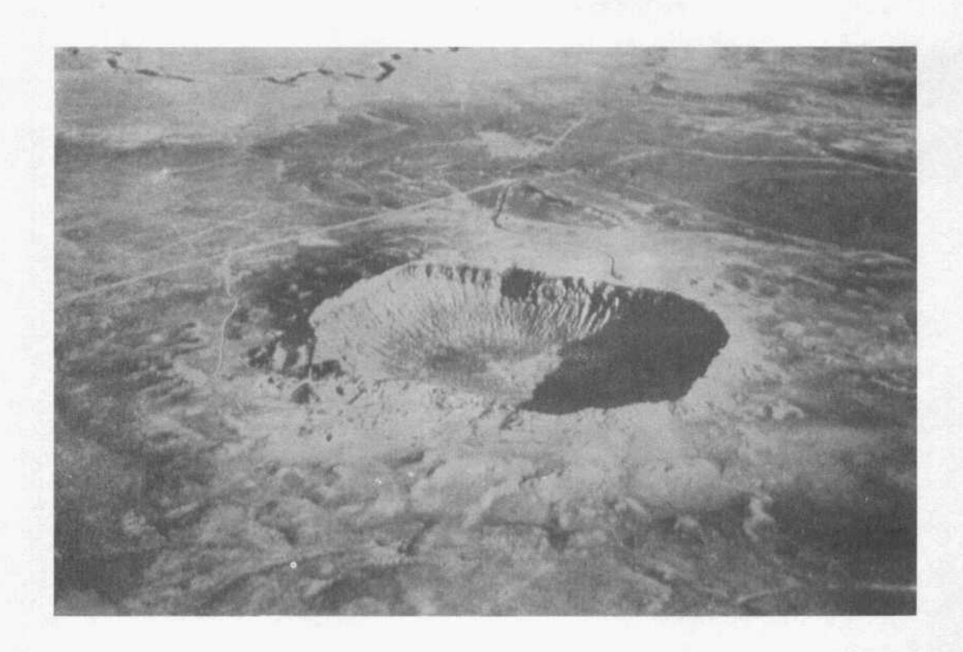


(صورة ٩ · ١) نطاق من الروابى متبقى عن التجوية فى منطقة Nevschir بتركيا
(هيئة السياحة التركية)



(صورة ١١٠) صورة جوية لمجموعة من التلال المتبقية بعد تغطية أسطح التعرية حولها بالتجمعات الرملية الهوائية، جنوب الصحراء الجزائرية
(مهداه من .Prof. D. chorley, R)





(صورة ١١١) حفرة ناتجة عن اصطدام نيزك بسطح الأرض فى ولاية أريزونا الأمريكية، يبلغ قطر هذه الحفرة حوالى ١٢٠٠ متر وعمقها ٢٠٠ متر ومهداه من جامعة وينيبج الكندية).



قائمة المراجع



قائمة المراجع

اولا : مراجع عامة

(أ) باللغة العربية :

١ – جوده حسنين جوده، ١٩٨٩، الجيومورفولوجيا، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.

٢ – ــــــــــ، ١٩٩٠ جيومورفولوجية مصر، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.

٣ – حسن سيد أحمد أبو العينين، ١٩٦٨، أصول الجيومورفولوجيا، دار المعارف، الاسكندرية.

٤ – صلاح الدين بحيرى، ١٩٧٩ (أ)، جغرافية الصحارى العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة.

٥ – ــــــــــ، ١٩٧٩ (ب)، أشكال الأرض، دار الفكر، دمشق.

٦ – عبد الله يوسف الغنيم، ١٩٨٤، منتخبات من المصطلحات العربية لاشكال الأرض، منشورات جامعة الكويت، الكويت.

٧ – ليلى محمد عثمان، ١٩٧٥، الجيومورفولوجيا، مترجم عن سباركس، مكتبة

الأنجلو المصرية، القاهرة.

٨ – محمد بريان، حسن بنحليمة، عبد الله العوينه، ١٩٨٢، قراءة وتحليل الخريطة الطبغرافية، منشورات اللجنة الوطنية المغربية للجغرافيـة، الربـاط.

٩ – يوسف تونى، ١٩٦٤، معجم المصطلحات الجغرافيـة، القاهـرة.

(ب) باللغات الأجنبيـة

1 - Ashburn. E. V., and Weldon. R. 1956, "Spectral diffuse reflectanc of desert surfaces," J. Optical Soc. Am. 46, 583-586.

2 - Bryan.K., 1920, "Origin of rock tanks and charcos", Am. J. Sci., 4th Series, 50, 203-206.

3 - Cook, R.U., et al., 1973, "Desert Geomorphology", London.

4 - Fairbridge, R.W., 1968, "The Encyclopedia of Geomorphology", John Wiley and Sons, New York, 1295p.

5 - Francis, p., and Jones, P., 1985, "Images of Earth", London.

6 - Gautier. E.F., 1935," Sahara, The Great Desert, " New York, Columbia University Press (translated by D.F. Mayhew), 264 pp.

7 - Hardy, A. V. and Monkhouse, F. J., 1966, " The physical Landscape in pictures, Cambridge", 92 p.

8 - Lobeck, A. K., 1939, "Geomorphology , an introduction to the study of Landscapes", New York, McGraw-Hill Book Co., 731 pp.

9 - Mabbutt, J. A., 1966, "Landforms of the Western Macdonnell Ranges," in (Dury, G. H., Editor), "Essays in Geomorphology," pp. 83-119, New York, American Elsevier Publishing Co.

10 - Miller, V.C., and Westerback. M.E., 1989, Interpretation of Topographic maps, London, 241 p.

11 - Money, D.C., 1974, "The Earth's surface, physical Geography in colour", Evans Brothers L., London.

12 - Pesce, A., 1968, "Gemini space photographs of Libya and Tibesti", Tripoli, 81 p.

13 - Schumm. S. A. and Hadley, R. F., 1957, "Arroyos and the semi-arid cycle of erosion," Am. J. Sci. 255, 161-174.

14- - Sharp. R., 1954, "Some physiographic aspects of southern California", Calif. Div. Mines, Bull. 170 (I.V.), 5-10.

15 - Shelton, J. S., 1966, " Geology Illustrated", London 432 p.

16 - Strahler, A.N, 1968, "Physical Geography, New York", 559p.

17 - Termier. H., and Termier. G., 1963, "Erosion and Sedimentation," New York, D. Van Nostrand Co. Inc, 433 pp.

18 - Tnornbury, W.D., 1954, "Principles of Geomorphology," New York, John Wiley & Sons, 618 pp.

19 - Tolman, C. F. 1909, "Erosion and deposition in the southern Arizona bolson region", I. Ged., 17, 136-163.

ثانيا : الاشكال التكتونية (الباطنية)

1 - Adams, G I., 1901, "Physiography and geology of the Ozark region", U.S. Geol. Surv., 22d Ann . Rept., part 2, p. 69-91.

2 - Alia M. edina, M.. M., 1956, " El orgien tectonico de las sebjas del Sahara Espanol," Intern. Geol. Congress. Mexico, 20, 341-346.

3 - Arkell, W. J., 1936, " Analysis of the Mesozic and Cenozoic folding in England", 16 th Intern. Geol. Cong., C. r., vol. 2, p. 937-952. Structure of Wealdan dome. Many references.

4 - Bevan, A. 1929, "Rocky Mountain front in Montana", Geol. Soc. Am., Bull. 40, p. 427-456, Overturned Hogbacks.

5 - Blackwelder, E., 1928, "The recognition of fault scarps," J. Geol. 36, 289-311.

6 - Cotton, C. A., 1944, "Volcanoes as Landscape forms", Christchurch, Whitcombe & Tombs, Ltd., 416 pp.

7 - Cotton, C. A., 1957, "Geomorphic evidence and major structures associated with transcurrent faults in New Zealand," Rev. Geromorph. Dyn. Paris, 8, 155.

8 - Cross, C. W. 1891. The loccolithic mountain groups of Colorado, Utah, and Arizona. U.S. Geol. Surv., 14th Ann. Rept. part 2, p. 157-241.

9 - ______________, 1905, Description of the quadrangle, Colorado, U.S. Geol. Surv., Folio, 130.

10 - Cross, C. W., and Spencer, A. C. 1899, Description of the La Plata quadrangle, Colorado. U.S. Geol. Surv., Folio 60.

11 - ______________, A.C., 1900, Geology of The Rico Mountains, Colorado. U.S. Geol. Surv., 12st Ann. Rept., Part 2, P. 7-165.

12 - Daly, R. A. 1903-08, Mechanics of igneous instrusion. Am. Jour. Sci., 4Th ser., Vol. 15, p. 269-298; vol. 16, p. 107-126; Vol.26, p. 17-50.

13 - Darton. N.H., and O'Harra, C.C., 1907,"Description of the Devil's Tower quadrangle. Wyoming, "U.S. Geol. Surv. Folio, 150,9 pp.

14 - Davis, W.M., 1899, "The drainage of cuestas," Proc. Geol. Assoc., London. 16, 75-93.

15 - ______________, 1913, "Nomenclature of surface forms on faulted structures," Bull. Geol. Soc. Am., 24, 187-216.

16 - Falconer, J.D., 1912, "The origin of Kopje and inselbergs," Brit. Assoc. Adr. Sci. Trans. Section C. 476.

17 - Fuller, R. E., and Waters, A.C., 1929, "The nature and origin of the horst and graben structure of southern Oregon," J. Geol., 37, 204-238.

18 - Gansser, A., 1960. "Ueber Schammvulkane and Salzdome," Vierteljahrschr. Naturfossch. Ges. Zuerich, 105, 1-46.

19 - Geikie, A., 1897. "The Ancient Volcanoes of Great Britain," London. 2 Vols. 478 and 492 pp.

20 - Geikie, J., 1914. "Mountains. Their Origin, Growth and Decay," Priceton. N.J., D. Van Nostrand Co., 3111 pp.

21 - Gilbert, G. K. 1877, Report on the geology of the Henry Mountains U. S. Geog. and Geol. Surv. Rocky Mt. Region (powell), p. 18-98

22 - Glangeaud. P., 1923, "La chaine des Puys." Bull. Serv. Carte Geol. France. 135, 256 pp.

23 - Gregory, H. E., 1917, "Geology of the Navajo country," U.S. Geol. Surv. Profess Paper 93.

24 - Hack, J. T., 1942, "Sedimentation and Volcanism in the Hopi buttes, Arizona," Bull. Geol. Soc. Am., 53, 335-372.

[illegible] J., 1962, " Structure and volcanism in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand," in "Crust of the Pacific Basin," Geophys. Monogr., 6, 151-157.

26 - Jaggar, T., JR. 1901, "The loccoliths of the Block Hills", U.S. Geol. Surv., 21 st Ann. Rept., part 3, p. 163-290.

27 - Johnson D. W., 1930, "Geomorphologic aspects of rift valleys," Intern. Geol. Congr. 15th, South Africa, 1929, Compt. Rend., 2, 354-373.

28 - Kelley, V.C., and Soske, J. L. 1936, Origin of the Salton volcanic domes, Salton Sea, California, Jour, Geol., Vol. 44, p. 496-503.

29 - Kemp. J. F., and Knight. W.C., 1903, "Leucite hills of Wyoming," Bull. Geol. Soc. Am., 14, 305-336.

30 - Kennedy, W.D., 1946. "The Great Glen Fault, " Quart. J. Geol. Soc., London. 102, 41.

31 - Knight, G. I., and Landes, K.K, 1932, Kansas Laccoliths. Jour. Geol., Vol. 40, p. 1-15.

32 - MacCarthy. G.R., 1925, "Some facts and theories concerning laccoliths, " J. Geol., 33, 1-18.

33 - Miller, W. J., 1911, "Exfoliation domes in Warren Co., N.Y.," New York St. Nus. Bull., 149, 187-194.

34 - Newton, H., and Jenney. W. P. 1880. "Report on the geology and resources of the Black Hills of Dakota, "Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 566pp.

35 - Rittmann. A., 1962. "Volcanoes and their Activity." New York, Interscience (Wiley), transl. E. A. Vincent. 305 pp.

36 - Russell, L. C., 1897, "Volcanoes of North America." New York. 346 pp.

37 - Scrope. G. P., 1872, "Volcanos the Character of their Phenomena.", Second ed., London, Longman. Green and Co., 490 pp. (First ed.. 1825)

38 - Stearns, H. T., and Clark, W. O., 1930, "Geology and Water resources of the Kau district, Hawaii, Including parts of Kilauea and Mauna Loa Volcanoes," U.S.Geol. Surv., Water Supply Paper 616, 194 pp.

39 - Thornbury, W.D., 1965, "Regional Geomorphyology of the United States," New York, John Wiley & Sons, 609 pp.

40 - Tnomas, M. F., 1965, "Some aspects of the geomorphology of domes and tors in Nigeria," Zeit. Geomorph., NF 9, 63-81.

41 - Williams, H., 1932, "The history and character of volcanic domes," Univ. Calif. (Berkeley) Publ. Geol. Sci., 21, 51-146.

42 - ____________, 1936, "Pliocene volcanoes of the Navajo-Hopi country," Bull. Geol. Soc. Am, 47, 111-171.

43 - ____________, 1941, " Calderas and their origin," Univ. Calif. Publ. Geol. Sci., 25(6), 239-346.

ثالثا : مراجع أشكال النحت

(أ) باللغة العربية

١ – جودة حسنين جوده، ١٩٦٥، الإكتساح والنحت بواسطة الرياح، مجلة كلية الآداب، جامعة الاسكندرية، المجلد ١٨، الاسكندرية.

٢ – سهام هاشم، ١٩٨٠، البطيخ المصقول، مجلة الجمعية الجغرافية العربية، القاهرة.

٣ – عبد الله الغنيم، ١٩٨١، أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح في شبه

الجزيرة العربية، الكويت.

٤ – محمد مجدى تراب، ١٩٩٣، جيومورفولوجية الهوامش الشمالية والغربية لمنخفض القطارة، مجلة الجمعية الجغرافية العربية، القاهرة.

(ب) باللغات الأجنبية

1 - Alden, W.C., 1973, "Landslide and Flood at Gros Ventre, Wyoming," Transactions, American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Vol. 76, (1928), pp. 347-58 (Reprinted in Tank, R.W. led.). Focus on Environmental Geology. New York: Oxford University Press.

2 - Balchin. W.G.V., and Pye, N., 1956, "Piedmont profiles in the arid cycle," Proc. Geologists Assoc. Engl., 66, 167-181.

3 - Barton. D.C., 1916. "Notes on the disintegration of granite in Egypt, " J. Geol., 24, 382-393.

4 - ____________, 1938. "Discussion: The disintegration and exfoliation of granite in Egypt, " J. Geol., 46, 109-111.

5 - Berry, L., and Ruxton, B.P., 1959. "Notes on weathering zones and soils on granitic rocks in two tropical regions," J. Soil. Sci., 10, 54-63.

6 - Blackwelder, E., 1925, "Exfoliation as a phase of rock weathering, " J. Geol., 33, 793-806.

7 - ____________, 1929, "Cavernous rock surfaces of the desert," Am. J. Sci., Ser. 5. 17.

8 - ____________, 1930, "Yardang and Zastruga," Science, 72, 396-397.

9 - ____________, 1931, "Desert plains, "j. Geol., 39, 133-140.

10 - ____________, 1933, "The insolation hypothesis of rock weathering," Am. J. Sci. 26, 97-113.

11 - ____________, 1934. "Yardangs," Geog. Soc. Amer. Bull., 45, 159-166.

12 - Bryan, K., 1922, "Erosion and sedimentation in the Papago Country,

Arizona", Bull. U. S. Geol. Surv., 730(B).

13 - Bryan K., 1923, "Wind erosion near lees Ferry, Arizona, " Am. J. Sci., 206, 291-307.

14 - ____________, 1940, "Gully gravure, a method of slope retreat, " J. Geomorphol., 3, 89-106.

15 - Calkin. P., and Cailleux, A., 1962. "A quantitative study of cavernous weathering (taffonis) and its application to glacial chronology in Victoria Valley, Antarctica," Z. Geomorphol., 6, 317-324.

16 - Chapman, R.W., and Greenfield, M.A., 1949, "Spheroidal weathering of igneous rocks, " Am. J. Sci., 247, 407-427.

17 - Carson, M.A., and Kirkby, M.J. 1972, "Hillslope Form and Process". New York, Cambridge University Press.

18 - Chepil. W.S., 1945. "Dynamics of wind erosion: III. The transport capacity of the wind, " Soil Sci. 60, 475-480.

19 - Cleland, H.. F., 1910, " North American natural bridges with a discussion of their origin," Bull. Geol. Soc. Am., 21, 314-338.

20 - Ericksen, G. E., and Plafker, G., 1970, Preliminary Report on the Geologic Events Associated with the May 31, 1970, Peru Earthquake. U.S. Geological Survey Circular 639.

21 - Farmiin, R. 1937, Hypogene exfoliation in rock masses. Jour. Geol., Vol. 45, p. 625-635.

22 - Fleming, R. W., and Taylor, F.A. 1980, Estimating Costs of Landslide Damage in the United States, U.S. Geological Survey Circular 8322.

23 - Gentilli, J. 1950, " Rainfall as a factor in the weathering of granite, " Compt. Rend. Congr. Int. Geographie (Lisbon, 1949), 2, 2263-269.

24 Gilbrt, G. K. 1904, Domes and Dome structure of the high Sierra. Geol. Soc. Am., Bull., 15, p. 29-36.

25 - Goldich. S.S. 1938." A study weathering." J. Geol. 46, 17 58.

26 - Griggs, D. T., 1936, " The factor of fatigue in rock exfoliation." J. Geol.

44, 783-796.

27 - Haefeli, R., 1953, "Creep problems in soils, snow, and ice." Proc. Intern. Conf. Soil Mech. Found. Eng., 3rd Swizerland, 3,238-251.

28 - Harland, W. B., 1957, "Exfoliation joints and ice action, " J. Glacial., 3(21), 8-10.

29 - Haves, C. W., 1897, "Solution of silica under atmospheric conditions", Geol. Soc. Am., Bull., 8., p. 213-220.

30 - Hutchinson. J. N., 1967. "The free degradation of London Caly clliffs, " Proc. Geotech. Conf. Oslo, 1, 113-118.

31 - Ireland, H. A., Sharpe, C.F.S., and Eargle, D. H., 1939, "Principles of Gully Erosion in the Piedmont of South Carolina," U.S. Dept. Agr. Tech. Bull., 633. 143 pp.

32 - Judson, S., 1950, "Depressions of the northern portion of the southern high plains of eastern New Mexico," Bull. Geol. Soc. Am, 61, 253-274.

33 - Jutson, J. T., 1917, "The influence of salts in rock-weatheringg in sub-arid Western Australia," Proc. Roy. Soc. Victoria, 30(2), 165-172.

34 - ____________, 1934, "The physiography (geomorphology) of Western Austrailia," Bull. Geol. Surv. W. Australia, 95, 366pp.

35 - Keller, W. D., 1955, " Principles of Chemical Weathering." Columbia. Mo., Lucas Bros., 88pp.

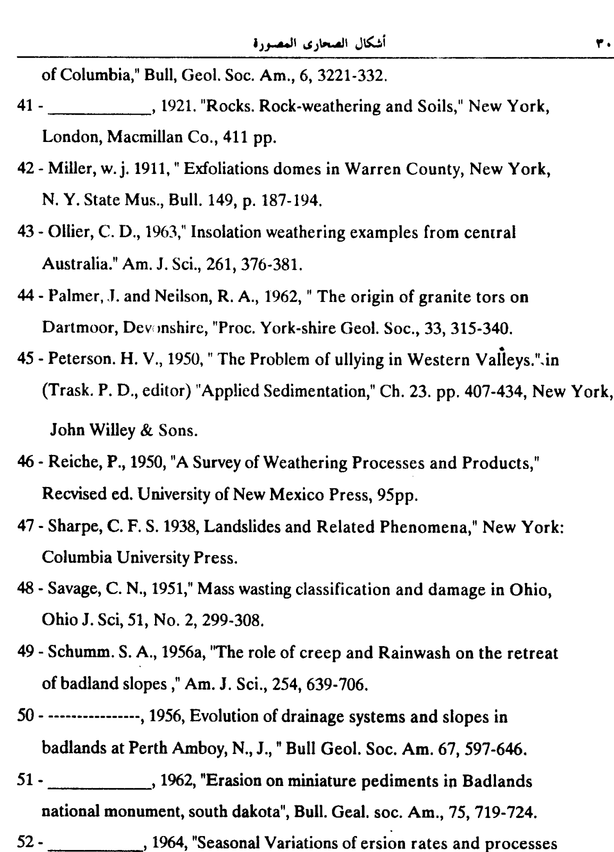
36 - Knetsch, G., 1960, "Arid weathering with special reference to both natural and artificial walls in Egypt, " Z. Geomorphol., Suppl., 1,190-205.

37 - Leopold. L. B., Emmett, W. W., and Myrick, R. M., 1966. "Channel and hillsolope processes in a semi-arid area. New Mexico," U. S. Geol. Surv. Proteys. Paper, 352G.

38 - Linton, D. L., 1955," The problem of tors," Geograph. J., 121, 470-487.

39 - McGee, W. J. 1897, "Sheetflood erosion," Geol. Soc. Am. Bull., 8, 87-112.

40 - Merrill, G. P., 1895, "Disintegration of the granitic rocks of the District



of Columbia," Bull, Geol. Soc. Am., 6, 3221-332.

41 - ___________, 1921. "Rocks. Rock-weathering and Soils," New York, London, Macmillan Co., 411 pp.

42 - Miller, w. j. 1911, " Exfoliations domes in Warren County, New York, N. Y. State Mus., Bull. 149, p. 187-194.

43 - Ollier, C. D., 1963," Insolation weathering examples from central Australia." Am. J. Sci., 261, 376-381.

44 - Palmer, J. and Neilson, R. A., 1962, " The origin of granite tors on Dartmoor, Devonshire, "Proc. York-shire Geol. Soc., 33, 315-340.

45 - Peterson. H. V., 1950, " The Problem of ullying in Western Valleys." in (Trask. P. D., editor) "Applied Sedimentation," Ch. 23. pp. 407-434, New York, John Willey & Sons.

46 - Reiche, P., 1950, "A Survey of Weathering Processes and Products," Recvised ed. University of New Mexico Press, 95pp.

47 - Sharpe, C. F. S. 1938, Landslides and Related Phenomena," New York: Columbia University Press.

48 - Savage, C. N., 1951," Mass wasting classification and damage in Ohio, Ohio J. Sci, 51, No. 2, 299-308.

49 - Schumm. S. A., 1956a, "The role of creep and Rainwash on the retreat of badland slopes ," Am. J. Sci., 254, 639-706.

50 - ----------------, 1956, Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, N., J., " Bull Geol. Soc. Am. 67, 597-646.

51 - ___________, 1962, "Erasion on miniature pediments in Badlands national monument, south dakota", Bull. Geal. soc. Am., 75, 719-724.

52 - __________, 1964, "Seasonal Variations of ersion rates and processes on hillslopes in Western Colorado," Z. Geomorphol., Supplementband 5. 215-238.

53 - __________, 1967, "Rates of surficial rock creep on hillslopes in Western Colorado," Science. 155, 560-561.

54 - Schumm, S. A., and Lusby G. C., 1963. "Seasonal variations of infiltration capacity and runoff on hillslopes in Western Colorado," J. Geophys. Res., 68, 3655-3666. Simpson, D. R., 1904, "Exfoliation in the upper pacahontes sandstone, Mercer Country, West Virginia," Am. J. Sci., 262, 545-551.

55 - Smith, K. G., 1958, "Erosional processes and landforms in badlands National Monument. South Dakota," Bull. Geol. Soc. Am., 69, 975-1007.

56 - Strahler, A. N., 1956, "Quantitative slope analysis," Bull Geol. Soc., Am. 67, 571-596.

57 - Tator, B. A., 1952-3, "Pediment characteristics and terminology," Assoc. Am. Geogr. Am., 42, 295-317; 43, 37-53.

58 - Terzaghi, K., and Peck, R. B., 1948, "Soil Mechanics in Engineering Practice," New York, John Wiley & Sons. 566 pp.

59 - Tschng, Hsi-Lin, 1961, "The pseudakarren and exfoliation forms of granite on pulau Ubin, Singapore," Z. Geomorphol., 5, 302-312.

60 - Van Hise, C. R., 1904. Atreatise on metamorphism. U.S. 61 - Geol. Surv., Mon, 47. The Belt of weathering , p. 409-561.

61 - Ward, F. 1930, "The role of solution in peneplanation". Jour. Geol., Vol. 38, p. 262-270.

62 - Wellman, H. W., and Wilson, A. T., 1965, "Salt weathering neglected geological erosive agent in coastal arid environments, Narure, 205 (4976), 1079-1098.

63 - Wilson, B. E., 1958, " Arches and Natural Bridges-National Monuments (Utah)," in Intermountain Assoc. Petrol. Geol., Guidebook, 9th, Ann. Field Conf., 16-18.

64 - Winkler, E. M., 1965, "Weathering rates as exemplified by cleopatra's Needle in New York City," J. Geol. Educ., 13(2), 50-52.

65 - Woodward, H. P., 1936, "Natural Bridge and Natural Tunnel. Virginia," J. Geol., 44, 604-616.

رابعاً: مراجع أشكال الارساب

(أ) باللغة العربية

١ – محمود محمد عاشور وآخرون، ١٩٩١، السبخات فى شبه جزيرة قطر، مركز الوثائق والدراسات الانسانية، جامعة قطر، الدوحة.

٢ – نبيل امبابى، ١٩٧٠، الكثبان الرملية المتحركة، المجلة الجغرافية العربية، القاهرة.

٣ – ــــــــــــ، ١٩٨٤، حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير فى منخفض الواحة الخارجة، مجلة بحوث الشرق الاوسط، العدد السادس، القاهرة.

٤– نبيل امبابى، ومحمد عاشور، ١٩٨٣، الكثبان الرملية فى شبه جزيره قطر، مركز الوثائق والدراسات الانسانية، جامعة قطر، الدوحة.

(ب) باللغات الاجنبية

1 - Aufere, L., 1935, "Essai sur les dunes du Sahara Algerien," Geografiska Annn., 17, Special Supplement, Sven Hedin, Memorial Volume, 481-500.

2 - Bagnold, R. A., 1941, "The Physics of Blowns Sand and Desert Dunes," New York, William Morrow and Co., 265p.

3 - Beaty, C. B., 1963, " Origin of alluival fans, White Mountains, California and Nevada," Ann. Assoc. Am. Geographers, 53, 516-535.

4 - Blackwelder, E., 1931, "The lowering of playas by deflation," Am. J. Sci, 221, 140-144.

5 - Blissenbach, Erich. 1954, "Geology of alluvial fans in semiarid regions," Bull. Geol. Soc. Am., 65, 175-189.

6 - Bull, W. B., 1964a, "Alluival fans and near surface sub-sidence in western Fersno County. California," U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 437-A, 71pp.

7 - __________, 1964b. "Geomorphology of segmented alluvial fans in

western Fersno County, California," U. S. Geol,. Surv. Profess. Paper 352-E, 89-129.

8 - Chico, R. J., 1963, "Playa mud cracks: regular and kingsize," Geol. Soc. Am. Special Paper. 76, 306.

9 - Denny, C. S. 1965, "Alluvial fans in the Death Valley region California and Nevada," U. S. Geol. Suvr. Profess. Paper 446, 62pp.

10 - ________, 1967, "Fans and Pediments," Am. J. Sci. 265, 81-105.

11 - Drew. Frederick, 1873, "Alluival and Lacustrine deposits and glacial reocrds of the upper Indus basin," Quart. J. Geol. Soc. London, 29, 441-471.

12 - Droste, J. B. 1961, "Clay minerals in the playa sediments of the Mojave Desert, California," Claif. Dir. Mines. Special Report, 69, 21pp.

13 - Eckis, Rollin, 1928, "Alluival fans in the Cucamonga district, southermn California," J. Geol, 36, 224-247.

14 - Hack, John T, 1941, "Dunes of the western Navajo Country, Arizona," Geograph. Rev. 31, 240-263.

15 - Holm. D.A., 1960. " Desert geomorphology in the Arabian Peninsula," science, 132, 1369-1379.

16 - Hooke, R. Leb., 1965, "Alluival Fans, Ph. D. Thesis, California Institute of Technology, Passadena, 192 pp.

17 - Legget, R. F., Brown, R. J.E. and Johnston, G. H., 1966. "Alluvial fan formation near Aklavik, Northwest Territories, Canada," Bull. Geol: Soc. Am., 77, 15-30.

18 - Lusting , L. K. 1965, "Clastic sedimentation in Deep Springs Valley, California," U. S. Geol. Surv. Profess. Paper, 352-F, 131-192.

19 - Madigan, C. T., 1936, "The Ausstralian sand-ridge deserts," Georgraph. Rev., 26, 205-227.

20 - Oakeshott, G.B.Jennings, G.W.and Lurner, M. D., 1954, " Correlation of sedimentary formations in southern California," Calif. Div. Mines. Bull. 170 (I. III). 5-8.

21 - Shantz, H. L., 1956, "The Future of Arid Lands," Am. Assac. Advance, Sci. Publ. no, 43.

22 - Thompson, D. G., 1924, "Some features of desert playas," J. Wash. Acad. Sci., 14, 56-57.

23 - Thompson, D. G., 1929, "The Mohave Desert region. California," U.S. Geol. Surv., Water Sup. Paper, 578, 579pp.

24 - Tight, W. G., 1905, "Bolson Plains of the southwest", Am. Geologist, 36, 271-284.

25 - Tolman, C. F., 1909, "Erosion and Deposition in southern Arizona bolson region," J. Geol., 17, 136-163.

26 - Ragnold, R. A., 1941, "The Physics of Blown Sand and Desert Dunes," London. Methuen and Co. Ltd., 265 pp. (Second ed. 1954).

27 - Windder, C. G., 1965, "Alluvial cone construction by alpine mudflow in a humid temperate region," Can: J. Earth Sci. 2,270-277.

خامسا مراجع الاشكال المتبقية

1 - Gilbert, G. K., and Gulliver, F. P., 1895, "Tepee Buttes," Bull. Geol. Soc. Am. 6, 333-342.

2 - King.,L.C., 1958, "The problem of tors," Geogr, J., 124, 289-291(letter).

3 - Linton, D. L., 1955, "The problem of tors, Geogr. J. 121, 420-487.

رقم الايداع ٩٠٣٨ / ١٩٩٣

الترقيم الدولى I . S . B . N

977 / 00 / 5389 / 0

*** * * تم بحمد الله * * ***

تم بحمد الله إعداد وطبع كتاب أشكال الصحارى المصورة بمطبعة الإنتصار لطباعة الاوفست مع عمل جميع مراحل التجهيزات الفنية من طباعة الاوفست افلام ومونتاج وزنك وكذلك مراحل الطباعة الملونة والهافتون أبيض وأسود والتجليد الفاخر، ليخرج هذا الكتاب في احسن اخراج ويعد بصحة من الأعمال الفنية النادرة لمطبعة الأنتصار.

مطبعة الأنتصار لطباعة الاوفست

١٠ شارع الوردي كوم الدكة

تليفون ٤٩١٦٥٩٧/ ٤٩٢٥٣٩٣

مع تحيات **محمد صبري**